

Elektrolytstörungen



KSBL 12.09.23



Universitätsspital
Basel

Michael Mayr

Frau A., 71 jährig



Nur für Weiterbildungszwecke, keine Veröffentlichung

Was ist passiert?

Ungeplante Übernahme der intubierten Patientin von der NFS **bei** und nach Synkope im häuslichen Umfeld. Der Ehemann hatte die Sanität avisiert, nachdem er die Patientin aufgrund eines **Sturzgeräusches in einer Blutlache**, vigilanzgemindert aufgefunden hatte. Eintreffen der Sanität wurde bei **V. a. Krampfanfall** (Blickdeviation und Flexionsstellung der Arme bei GCS 3) Rivotril 1 mg i.v. verabreicht und die Patientin vor Ort intubiert. Auf der NFS erfolgte die primäre Wundversorgung der RQW am Hinterkopf und der Ausschluss einer intracerebralen Blutung.

Fremdanamnestic wurde berichtet, dass die Patientin seit drei Tagen an **Erkältungssymptomen** gelitten hätte und das **Essen habe versalzen** geschmeckt. Sie habe auch **Muskelzuckungen und dystone Bewegungen** gehabt, weshalb mehrfach RS mit der behandelnden Neurologin gehalten wurde, die eine Dosiserhöhung des Madopar empfohlen habe (am Nachmittag zwei Dosen 1.5 Tbl., noch nicht umgesetzt da dann Spitaleinweisung).

Schwere Hyponatriämie

Natrium 109 mmol/L)

Natrium			135-145
Kalium	2.7	mmol/l	3.6-4.8
Chlorid	73	mmol/l	97-110
Osmolalität	227	mmol/kg	280-300
2x bestimmt			
Calcium	1.96	mmol/l	2.10-2.65
Calcium Albumin korrigiert	2.31	mmol/l	2.10-2.65
Das Albumin korrigierte Calcium ist die auf eine Albuminkonzentration von 40 g/l korrigierte Calciumkonzentration. Ggfs. ist die zusätzliche Bestimmung des ionisierten Calciums (bitte Präanalytik beachten) zu empfehlen.			
Phosphat	0.51	mmol/l	0.80-1.50
Kreatinin	37	µmol/l	42-80
GFR geschätzt (CKD-EPI)	72	ml/min/1.7	
Harnstoff	2.7	mmol/l	3.0-7.8
Harnsäure	130	µmol/l	173-359
Die Zielkonzentration von Harnsäure für die Behandlung von Gicht liegt bei <360 µmol/l und bei schwerer Gicht bei <300 µmol/l.			
Bilirubin	6.3	µmol/l	<15
Aspartataminotransferase (ASAT)	54	U/l	11-34
Alaninaminotransferase (ALAT)	26	U/l	8-41
GGT (Gamma-Glutamyltransferase)	25	U/l	6-40
Protein total	54	g/l	64-83
Albumin	26	g/l	35-52
C-reaktives Protein	2.6	mg/l	<10.0
Alkalische Phosphatase (AP)	47	U/l	35-105
Lactat Dehydrogenase (LDH)	238	U/l	135-214
Pankreas-Amylase	26	U/l	13-53
Creatinkinase (CK)	662	U/l	38-157
CK-MB-Masse	38.7	µg/l	<5.00
Troponin T hs	57	ng/l	<14
Glucose Notfall	6.5	mmol/l	3.8-6.1

Weitere Diagnosen

SHT nach Sturz mit RQW Hinterkopf

- CT Schädel HWS Thorax: Kein Hirnödem, keine Blutung, keine Frakturen

Akute inkomplette kraniale Berstungsfraktur BWK 11, ED 23.03.2023

- CT Polytrauma 22.03.2023 (nachträglicher Befund): Akute inkomplette kraniale Berstungsfraktur BWK 11

SARS CoV-2-Infektion, ES 19.03.2023, ED 22.03.2023

- Genexpert 22.03.2023: SARS CoV2 CT 22.8
- CT Thorax 22.03.2023: Zwei kleinfleckige Konsolidationen im Mittellappen und anterobasalen Unterlappen rechts, am ehesten infektiös/entzündlich.

Morbus Parkinson, ED unklar

V. a. Restless-Leg-Syndrom, ED unklar

Status

**Gewicht 44.9 kg, Grösse 171 cm, BMI 17 kg/m²
BD 146/76 mm Hg**

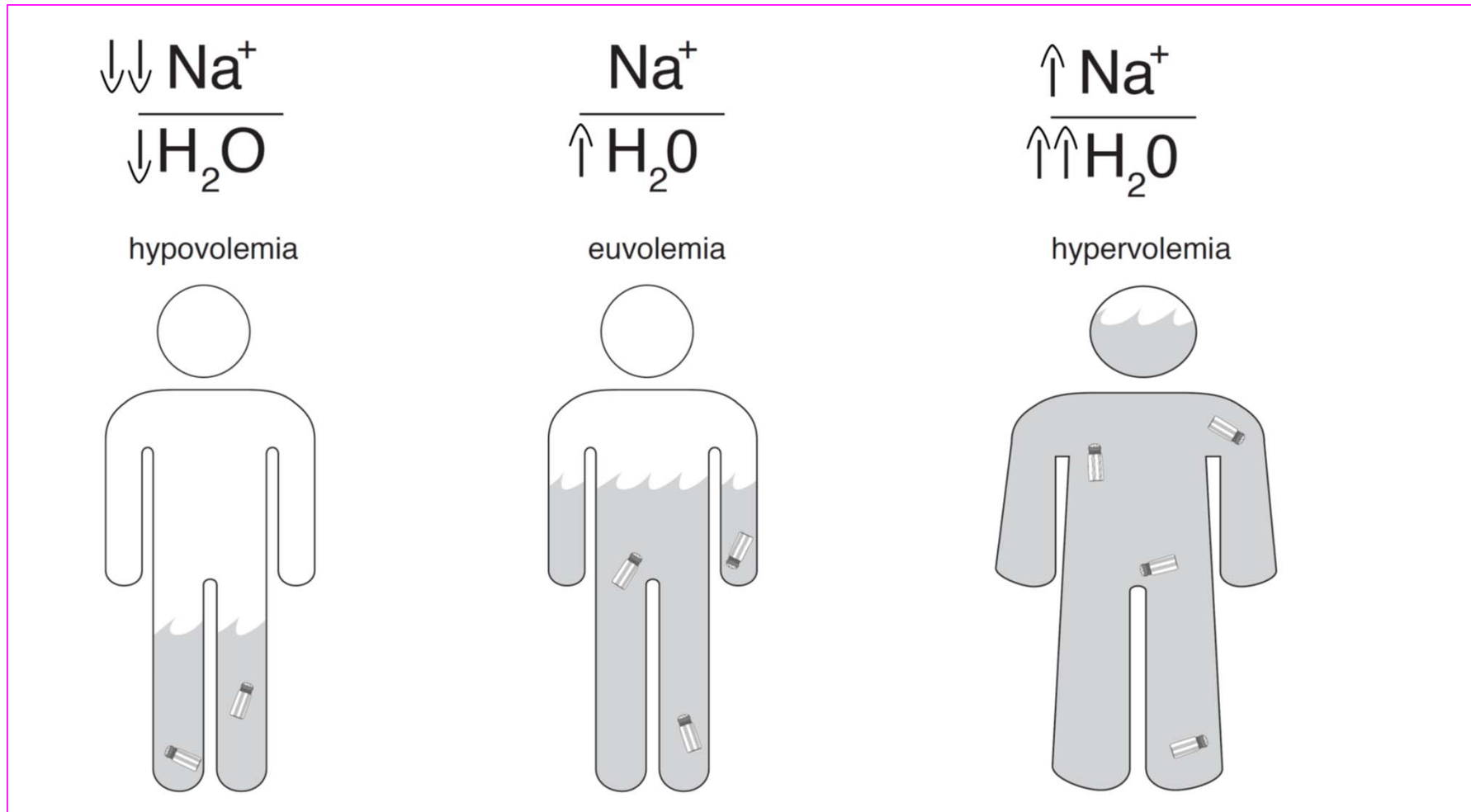
Schwere Hyponatriämie

Wie weiter – Ihre Gedanken?

Natrium	109	mmol/l	135-145
Kalium	2.7	mmol/l	3.6-4.8
Chlorid	73	mmol/l	97-110
Osmolalität	227	mmol/kg	280-300
2x bestimmt			
Calcium	1.96	mmol/l	2.10-2.65
Calcium Albumin korrigiert	2.31	mmol/l	2.10-2.65
Das Albumin korrigierte Calcium ist die auf eine Albuminkonzentration von 40 g/l korrigierte Calciumkonzentration. Ggfs. ist die zusätzliche Bestimmung des ionisierten Calciums (bitte Präanalytik beachten) zu empfehlen.			
Phosphat	0.51	mmol/l	0.80-1.50
Kreatinin	37	µmol/l	42-80
GFR geschätzt (CKD-EPI)	72	ml/min/1.7	
Harnstoff	2.7	mmol/l	3.0-7.8
Harnsäure	130	µmol/l	173-359
Die Zielkonzentration von Harnsäure für die Behandlung von Gicht liegt bei <360 µmol/l und bei schwerer Gicht bei <300 µmol/l.			
Bilirubin	6.3	µmol/l	<15
Aspartataminotransferase (ASAT)	54	U/l	11-34
Alaninaminotransferase (ALAT)	26	U/l	8-41
GGT (Gamma-Glutamyltransferase)	25	U/l	6-40
Protein total	54	g/l	64-83
Albumin	26	g/l	35-52
C-reaktives Protein	2.6	mg/l	<10.0
Alkalische Phosphatase (AP)	47	U/l	35-105
Lactat Dehydrogenase (LDH)	238	U/l	135-214
Pankreas-Amylase	26	U/l	13-53
Creatinkinase (CK)	662	U/l	38-157
CK-MB-Masse	38.7	µg/l	<5.00
Troponin T hs	57	ng/l	<14
Glucose Notfall	6.5	mmol/l	3.8-6.1

Hyponatriämie: immer! zu viel freies Wasser in Relation zu Natrium

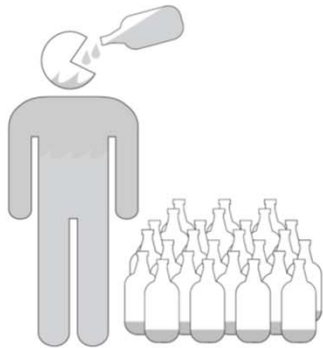
In all cases, true hyponatremia is due to a relative excess of water, not a lack of sodium.



Hyponatriämie – Einteilung nach Ätiologie bzgl. Wasserzufuhr

Hyponatremia occurs when the ingestion of water is greater than the excretion of water. There are three fundamental causes:

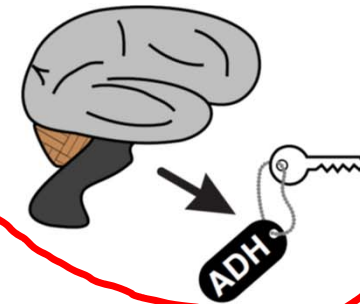
INGESTION OF TOO MUCH
WATER WITH NORMAL KIDNEYS



NORMAL WATER INGESTION
WITH RENAL FAILURE



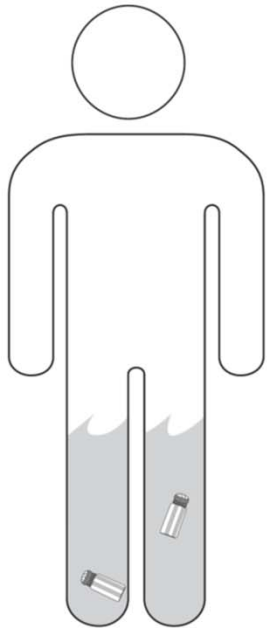
NORMAL WATER INGESTION
WITH INCREASED ADH ACTIVITY



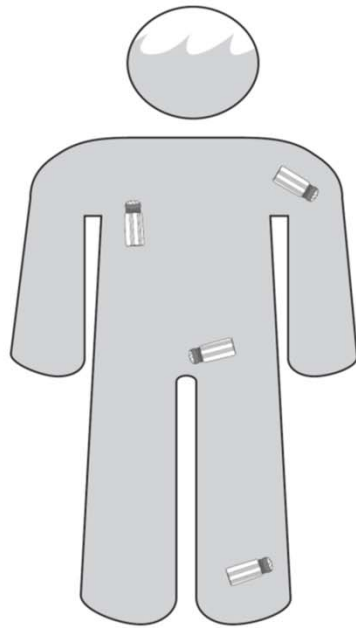
Adäquate und inadäquate Freisetzung von ADH

Appropriate release of ADH

low effective volume

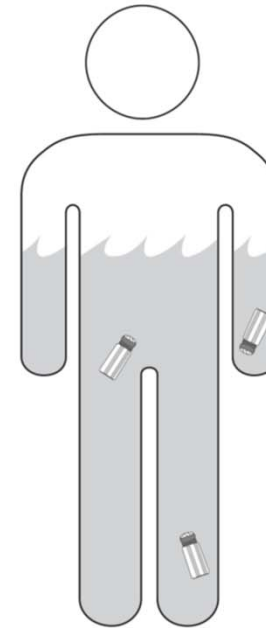


HYPOVOLEMIA



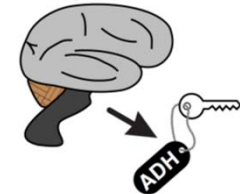
HYPERVOLEMIA

Inappropriate release of ADH



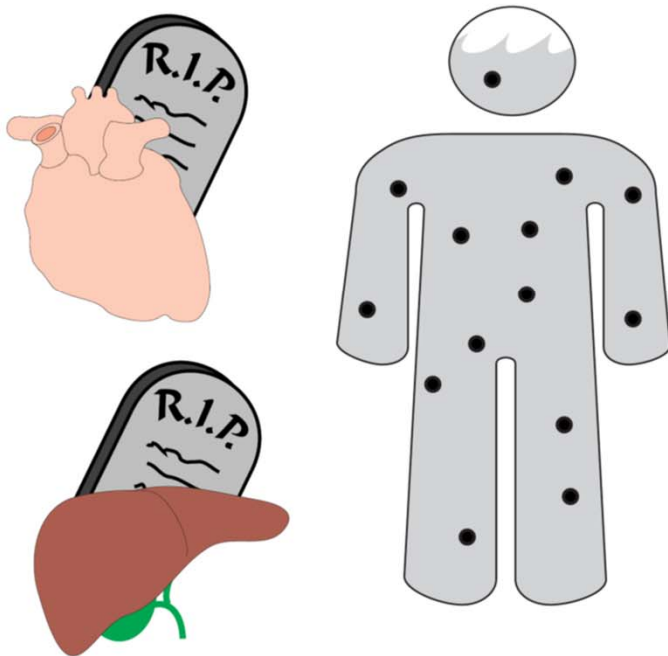
EUVOLEMIA

NORMAL WATER INGESTION
WITH INCREASED ADH ACTIVITY



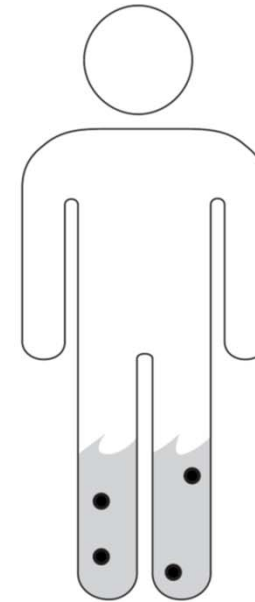
Hypervolämie Hyponatriämie

The body looks like this...



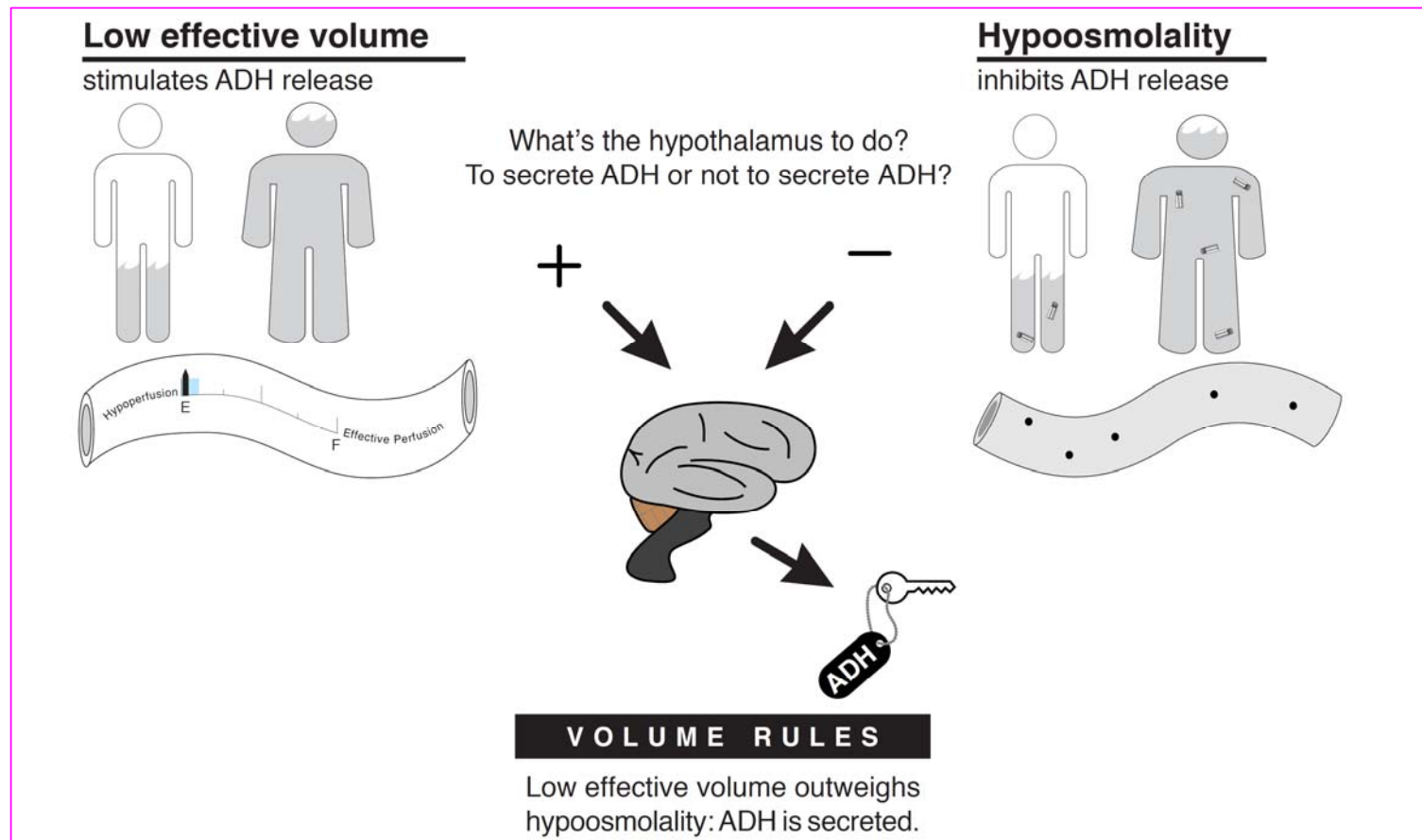
Overall: Hypervolämie

but acts like this.



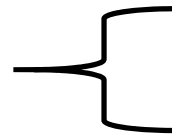
Gefäße/Perfusion:
effektive Hypovolämie

In the battle between volume regulation and osmoregulation, volume rules.



Volumenstatus unserer Patientin?

„Von allem etwas zu wenig“



Natrium	109	mmol/l	135-145
Kalium	2.7	mmol/l	3.6-4.8
Chlorid	73	mmol/l	97-110
Osmolalität	227	mmol/kg	280-300
2x bestimmt			
Calcium	1.96	mmol/l	2.10-2.65
Calcium Albumin korrigiert	2.31	mmol/l	2.10-2.65
Das Albumin korrigierte Calcium ist die auf eine Albuminkonzentration von 40 g/l korrigierte Calciumkonzentration. Ggfs. ist die zusätzliche Bestimmung des ionisierten Calciums (bitte Präanalytik beachten) zu empfehlen.			
Phosphat	0.51	mmol/l	0.80-1.50
Kreatinin	37	µmol/l	42-80
GFR geschätzt (CKD-EPI)	72	ml/min/1.7	
Harnstoff	2.7	mmol/l	3.0-7.8
Harnsäure	130	µmol/l	173-359
Die Zielkonzentration von Harnsäure für die Behandlung von Gicht liegt bei <360 µmol/l und bei schwerer Gicht bei <300 µmol/l.			
Bilirubin	6.3	µmol/l	<15
Aspartataminotransferase (ASAT)	54	U/l	11-34
Alaninaminotransferase (ALAT)	26	U/l	8-41
GGT (Gamma-Glutamyltransferase)	25	U/l	6-40
Protein total	54	g/l	64-83
Albumin	26	g/l	35-52
C-reaktives Protein	2.6	mg/l	<10.0
Alkalische Phosphatase (AP)	47	U/l	35-105
Lactat Dehydrogenase (LDH)	238	U/l	135-214
Pankreas-Amylase	26	U/l	13-53
Creatinkinase (CK)	662	U/l	38-157
CK-MB-Masse	38.7	µg/l	<5.00
Troponin T hs	57	ng/l	<14
Glucose Notfall	6.5	mmol/l	3.8-6.1

Volumenstatus unserer Patientin: „gute“ Euvolämie

Harnstoff

Entnahmedatum	Wert	Einheit
03.04.23 06:00	angef.	mmol/l
31.03.23 06:00	5.8	mmol/l
30.03.23 07:00	5.9	mmol/l
28.03.23 07:00	5.6	mmol/l
27.03.23 06:00	4.2	mmol/l
26.03.23 06:00	3.4	mmol/l
25.03.23 06:00	2.3 -	mmol/l
24.03.23 06:00	1.8 -	mmol/l
23.03.23 06:00	2.8 -	mmol/l
22.03.23 16:45		mmol/l

2.7

Harnsäure

Entnahmedatum	Wert	Einheit
28.03.23 07:00	147 -	µmol/l
	Die Zielkonzentration von Harnsäure für die Behandlung bei <300 µmol/l.	
25.03.23 06:00	91 -	µmol/l
	Die Zielkonzentration von Harnsäure für die Behandlung bei <300 µmol/l.	
24.03.23 06:00	75 -	µmol/l
	Die Zielkonzentration von Harnsäure für die Behandlung bei <300 µmol/l.	
23.03.23 06:00	87 -	µmol/l
	Die Zielkonzentration von Harnsäure für die Behandlung bei <300 µmol/l.	
22.03.23 16:45		µmol/l

130

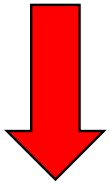
Kreatinin

	Wert	Einheit
03.04.23 06:00	angef.	µmol/l
31.03.23 06:00	64	µmol/l
30.03.23 07:00	57	µmol/l
28.03.23 07:00	66	µmol/l
27.03.23 06:00	57	µmol/l
26.03.23 06:00	50	µmol/l
25.03.23 06:00	59	µmol/l
24.03.23 06:00	45	µmol/l
23.03.23 06:00	43	µmol/l
22.03.23 16:45		µmol/l

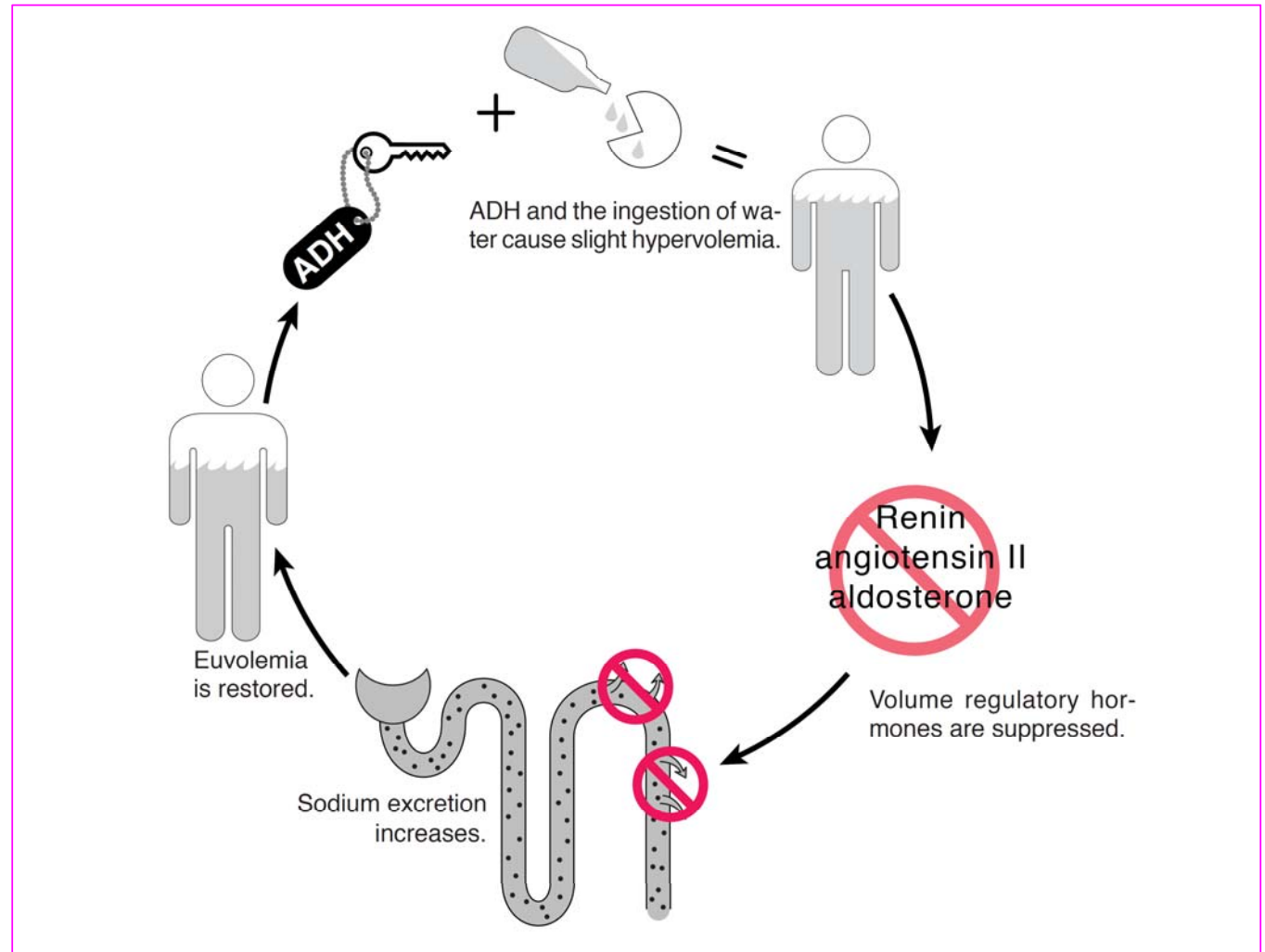
37

Weshalb führt ein SIADH nicht
zu einer manifesten
Überwässerung/Lungenödem?

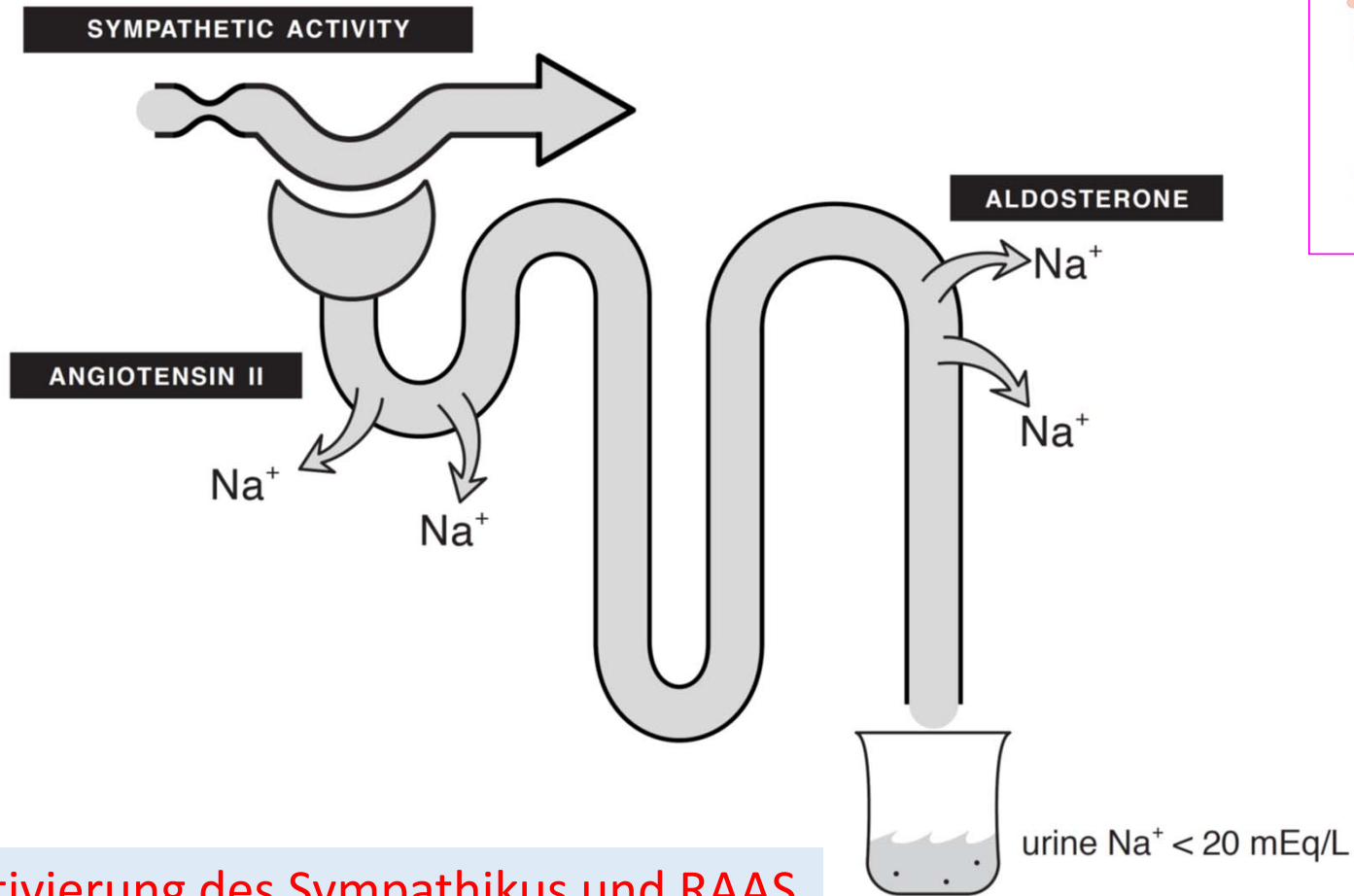
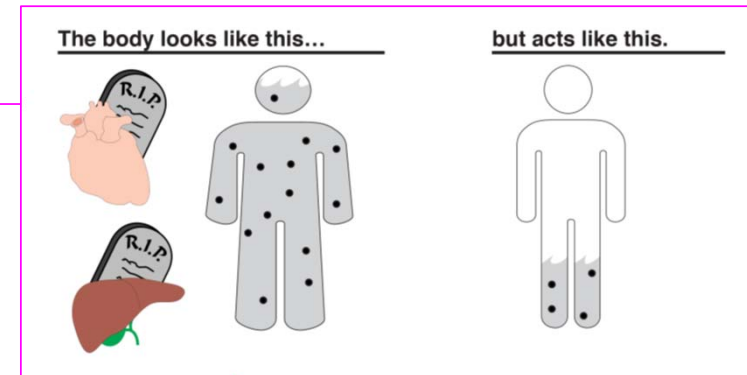
Volumregulation: intakt!



U-Na: hoch!



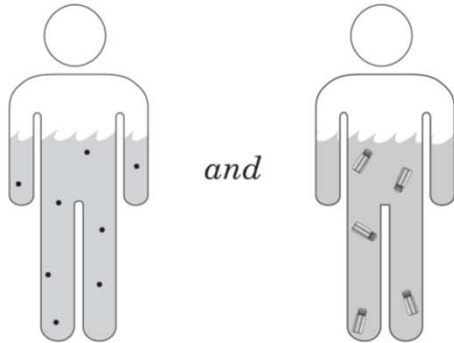
Hypervolämie (CHF/Cirrhosis) und Hypovolämie: tiefes Urin- Na^+ *



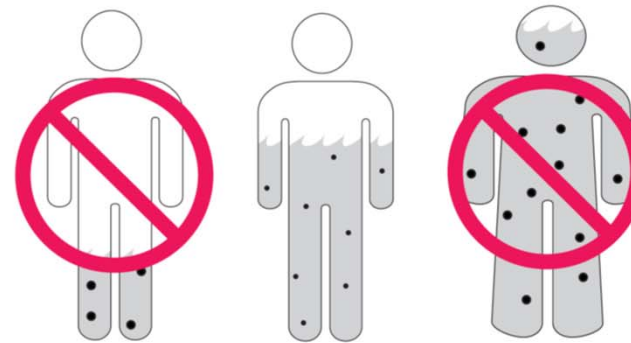
*Aktivierung des Sympathikus und RAAS

Diagnose eines SIADH: simple? (meistens!)

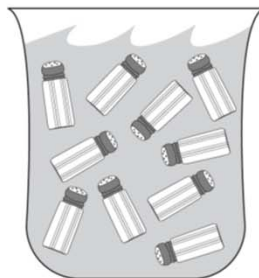
1 HYPOTONIC HYPONATREMIA



2 EUVOLEMIA

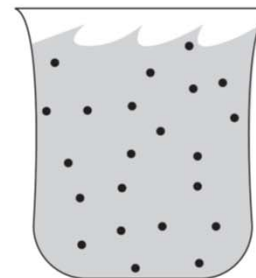


3 HIGH URINE SODIUM CONCENTRATION



Urine Na^+
> 20 mEq/L

4 HIGH URINE OSMOLALITY



Urin-Osmolalität 200 mmol/L
> Plasma-Osmolalität

SIADH-Diagnose: nur 4 Parameter: Na^+ im Serum und Urin, Osmolarität im Serum und Urin.

28.03.23

023032844005401
088815715

Entnahme: 28.03.23 07:0
Erfassung: 28.03.23 14:5

	Wert	Einheit	Range von/bis
Kreatinin im Urin	9.5	mmol/l	7.0-18.0
Natrium im Urin	51	mmol/L	60-140
Kalium im Urin	24	mmol/l	17-45
Harnstoff im Urin	264	mmol/l	85-300
Osmolalität im Urin	642	mmol/kg	200-1200

Natrium	128	mmol/l	135-145
Kalium	4.8	mmol/l	3.6-4.8
Osmolalität	274	mmol/kg	280-300
2x bestimmt			
Magnesium	0.81	mmol/l	0.70-1.00
Kreatinin	66	μmol/l	42-80
GFR geschätzt (CKD-EPI)	81	ml/min/1.7	
Harnstoff	5.6	mmol/l	3.0-7.8
Harnsäure	147	μmol/l	173-359

31.03.23

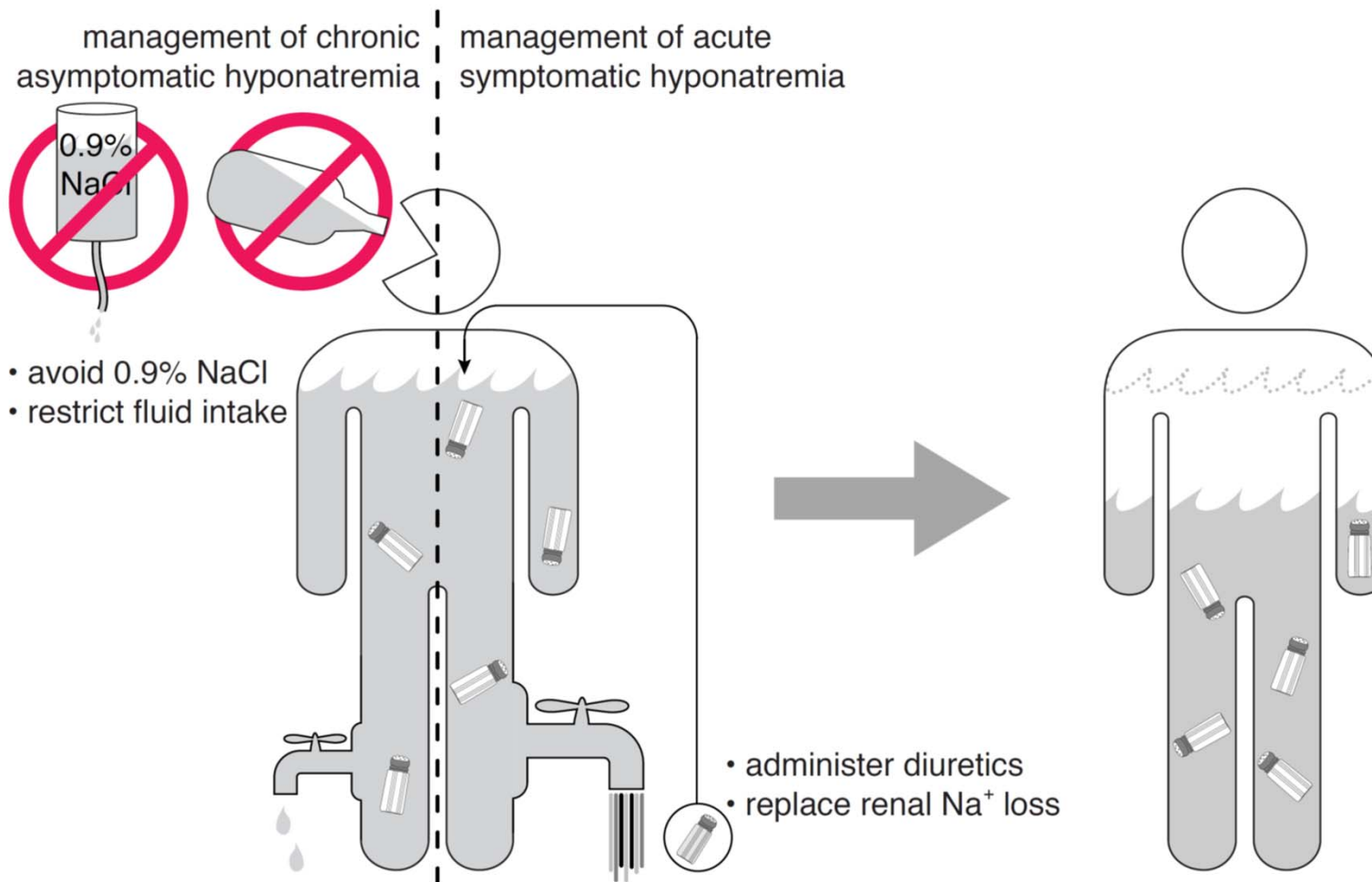
023033144009800
088815715

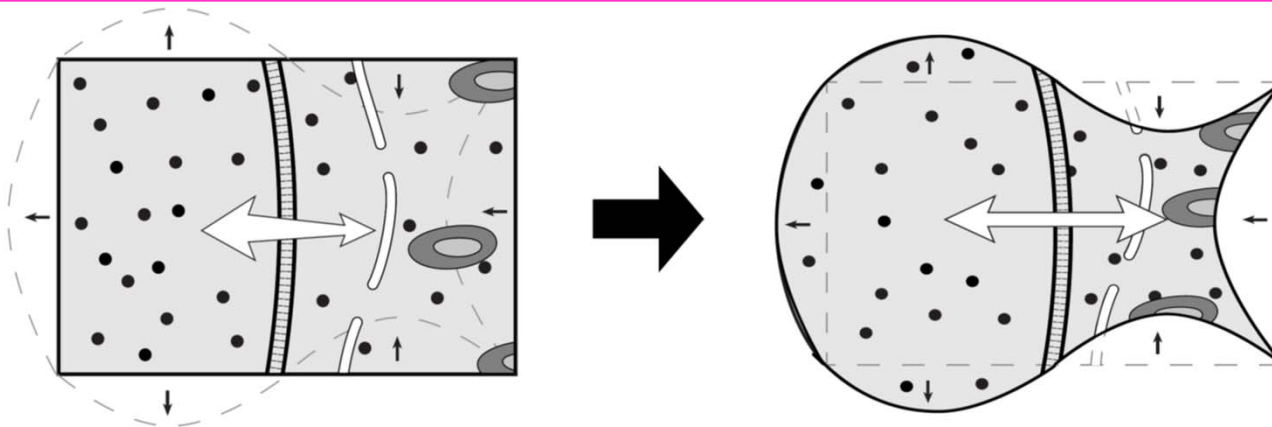
Entnahme: 31.03.23 07:0
Erfassung: 31.03.23 10:5

	Wert	Einheit	Range von/bis
Kreatinin im Urin	7.0	mmol/l	7.0-18.0
Natrium im Urin	61	mmol/L	60-140
Kalium im Urin	24	mmol/l	17-45
Chlorid im Urin	73	mmol/l	-
Harnstoff im Urin	183	mmol/l	85-300
Harnsäure im Urin	2066	μmol/l	1250-3500
Harnsäure/Kreatinin	295	μmol/mmol	
Osmolalität im Urin	600	mmol/kg	200-1200

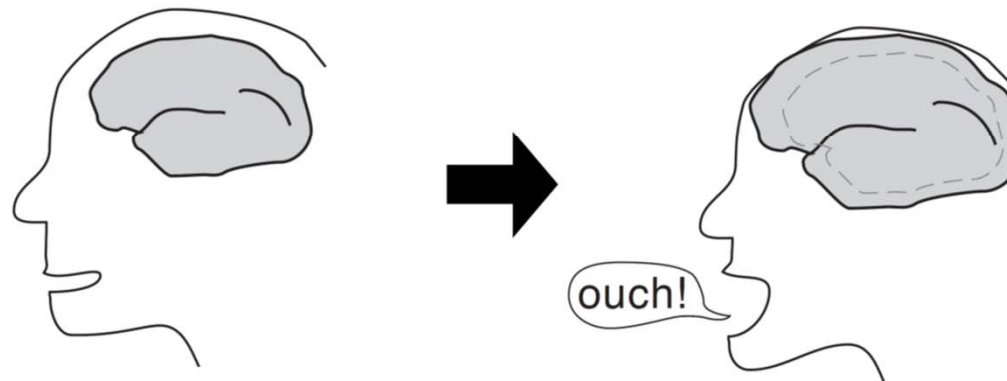
Natrium	132	mmol/l	135-145
Kalium	4.8	mmol/l	3.6-4.8
Chlorid	100	mmol/l	97-110
Osmolalität	286	mmol/kg	280-300
Calcium	2.25	mmol/l	2.10-2.65
Phosphat	1.21	mmol/l	0.80-1.50
Kreatinin	64	μmol/l	42-80
GFR geschätzt (CKD-EPI)	84	ml/min/1.7	
Harnstoff	5.8	mmol/l	3.0-7.8

Therapie



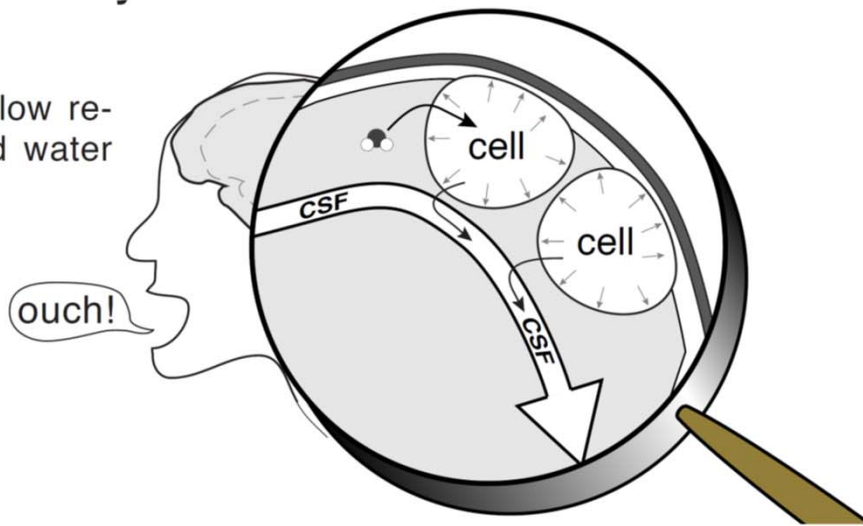


In hyponatremia, water is osmotically drawn into the intracellular compartment which causes cells to swell.

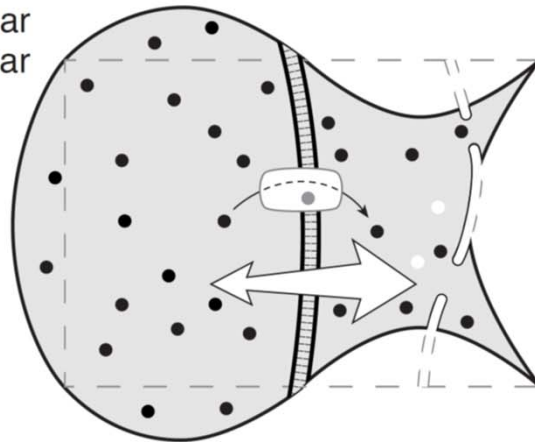


Cellular swelling is particularly problematic in the brain.

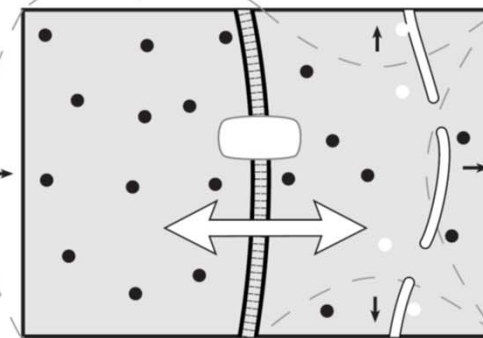
Increased CSF flow removes increased water from the brain.



Removal of intracellular solutes lowers cellular volume.



intracellular extracellular



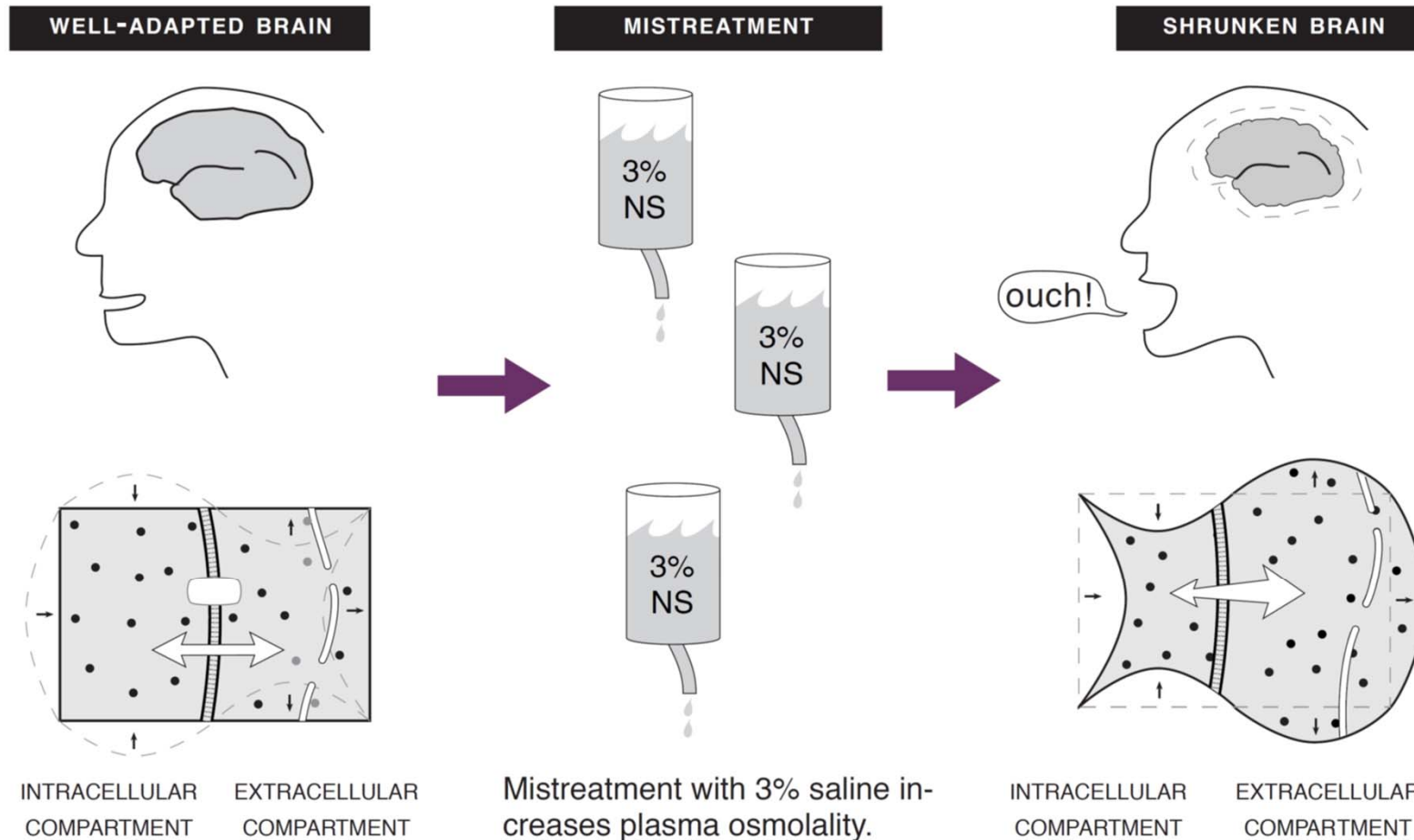
intracellular extracellular

Für Symptomlast Dynamik
mehr entscheidend, als
Schweregrad der
Hyponatriämie:

- Rascher Na-Abfall: Symptome
- Chronisch-sukzessiver Abfall: wenig Symptome

Adaption
erst nach
24-48 h!

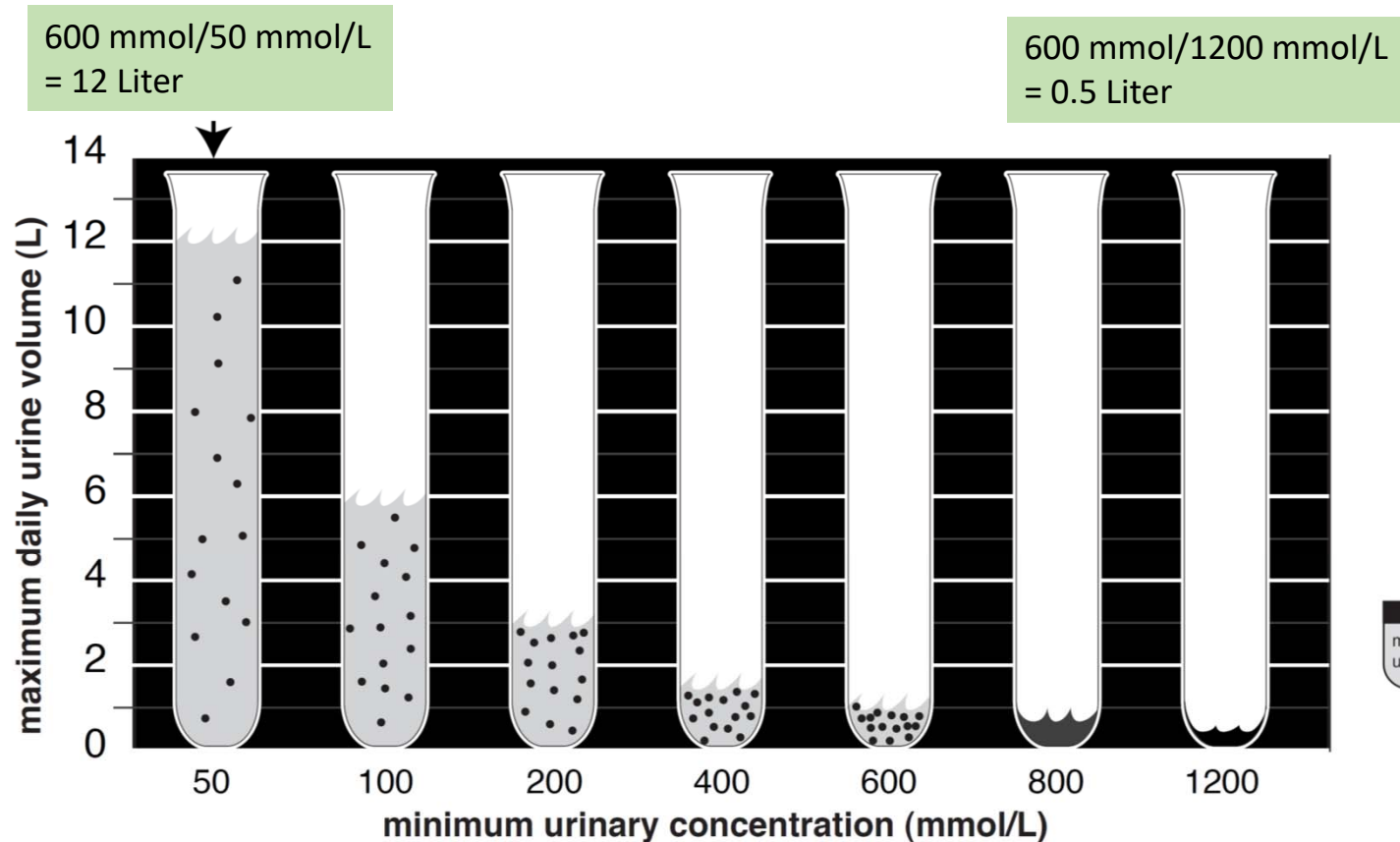
Therapie: Vorsicht vor rascher Korrektur



Pontine Myelinolyse

Bedeutung der Verdünnung-/Konzentrationsfähigkeit

The maximum daily urine volume is dependent on only two factors: the daily solute load and the minimum urinary concentration.



MAXIMUM DAILY URINE VOLUME

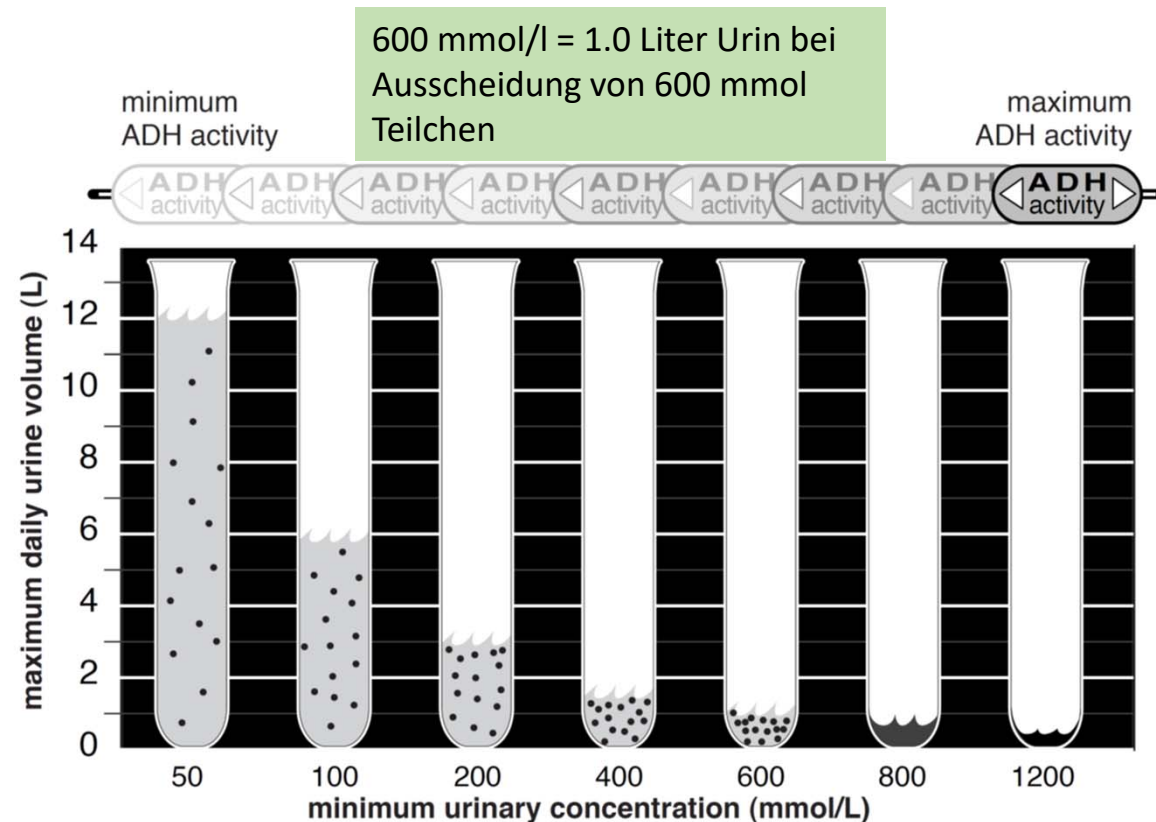
$$\text{maximum daily urine volume} = \frac{\text{daily solute load}}{\text{minimum urine concentration}} \rightarrow \frac{10 \text{ mmol} \times \text{kg}}{\text{normally } 30\text{-}50 \text{ mmol/L}}$$

The graph shows the maximum daily urine volume for several values of the minimum urinary concentration (50 to 1200 mmol/L), assuming a daily solute load of 600 mmol/day.

The Fluid, Electrolyte & Acid-Base Companion. Sarah Faubel, MD Joel Topf, MD. Printed September 1999, at Sheridan Books in Chelsea, Michigan.

Fähigkeit Urin zu verdünnen/Wasser auszuscheiden ist ADH abhängig

When ADH is maximally suppressed, the urine is maximally dilute. As ADH activity increases, however, the minimum urinary concentration increases, decreasing the maximum daily urine volume. In the presence of increased ADH activity, even modest ingestion of water can cause hyponatremia.



Effekt einer Trinkrestriktion realistisch einschätzen:

Increased ADH activity preventing maximal excretion of water is the most common cause of hyponatremia.

Verlauf:
Natrium

d13

d4

d3

d2

d1

	Wert	Einheit
03.04.23 06:00	132	mmol/l
31.03.23 06:00		mmol/l
30.03.23 07:00		mmol/l
29.03.23 10:30	131 -	mmol/l
28.03.23 07:00	128 -	mmol/l
27.03.23 06:00	127 -	mmol/l
26.03.23 06:00	126	mmol/l
25.03.23 06:00		mmol/l
25.03.23 05:27		mmol/l
25.03.23 02:44	126 -	mmol/l
25.03.23 00:28	126 -	mmol/l
24.03.23 23:07	126 -	mmol/l
24.03.23 20:58	123	mmol/l
24.03.23 17:45		mmol/l
24.03.23 15:11		mmol/l
24.03.23 13:30	124 -	mmol/l
24.03.23 11:35	126 -	mmol/l
24.03.23 09:11	123 -	mmol/l
24.03.23 06:00	123 -	mmol/l
24.03.23 05:31	122 -	mmol/l
24.03.23 03:24	121 -	mmol/l
24.03.23 02:05	120 -	mmol/l
24.03.23 00:12	118 -	mmol/l
23.03.23 22:54	118 -	mmol/l
23.03.23 20:58	117 -	mmol/l
23.03.23 18:51	117	mmol/l
23.03.23 17:50		mmol/l
23.03.23 15:46		mmol/l
23.03.23 14:13	118 -	mmol/l
23.03.23 11:35	118 -	mmol/l
23.03.23 10:04	118 -	mmol/l
23.03.23 08:17	117 -	mmol/l
23.03.23 07:09	117 -	mmol/l
23.03.23 06:00	120 -	mmol/l
23.03.23 05:50	116 -	mmol/l
23.03.23 04:35	116 -	mmol/l
23.03.23 03:25	117 -	mmol/l
23.03.23 02:39	116 -	mmol/l
23.03.23 01:24	116 -	mmol/l
22.03.23 23:56	114 -	mmol/l
22.03.23 22:55	113 -	mmol/l
22.03.23 22:04	112 -	mmol/l
22.03.23 20:41	113 -	mmol/l
22.03.23 19:07	108 -	mmol/l
22.03.23 17:50	109 -	mmol/l
22.03.23 16:45	109 -	mmol/l
22.03.23 16:45	k. Mat.	mmol/l
22.03.23 17:14	107	mmol/l
22.03.23 17:09		mmol/l
22.03.23 17:05		mmol/l

Bei unklaren Textbefunden Original/Kumulativbefund auf Papier konsultieren!

Take-home message - Hyponatriämie:

- Hyponatriämie: relativ zum Salz «immer» zu viel Wasser
- Euvolämie – Hypovolämie - Hypervolämie
- Labor: Na^+ im Serum und Urin/Osm im Serum und Urin
- SIADH: Euvoläm, etwas verdünnt, hohes U- Na^+ , im Vgl. zum Serum inadäquat hohe Urin-Osmolarität (= Niere kann freies Wasser nicht loswerden)
- Immer nach Thiazid-Diuretika fragen: stoppen und/oder nicht anfangen
- Effekt der Trinkrestriktion nicht überschätzen bei inadäquater SIADh-Sekretion