Elektrolytstörungen besser verstehen

Fortbildungsnachmittag Medix
16.05.2024, 16.15-17.00 Uhr

Nilufar Mohebbi

Praxis und Dialysezentrum Zürich-City

Agenda

- Natrium
- Kalium

Fall 1

- Calcium

Fall 2

Fall 1

Anamnese

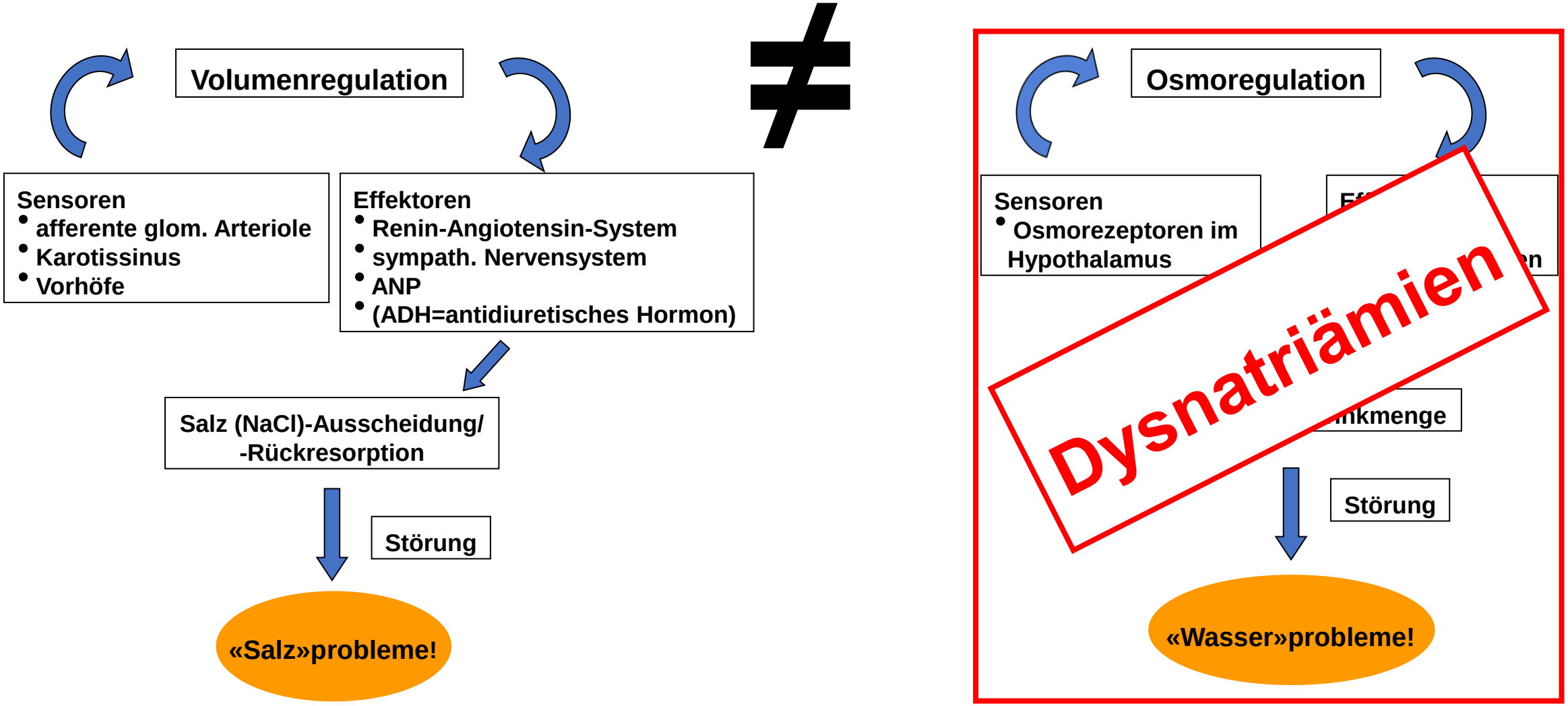
Notfallmässige Zuweisung per Rettungsdienst in den Schockraum bei St. n. Reanimation bei Vd. a. diabetis
Als der Rettungsdienst beim Patienten eintraf, war der Patient ansprechbar am Boden liegend bei GCS 14 und kardiopulmonal stabil Af von 12. Er hatte 1x erbrochen. Beim Umlagern Blutdruckabfall, Bradykardie und Bradypnoe, fragliche Schnappatmung. Bei nicht tastbarem Puls erfolgte die Reanimation für ca. 30 Sekunden. Bei einer PEA mit Herzfrequenz von ca. 20/min erfolgte eine ROSC bei einer Frequenz von 60/min. Es erfolgte das Aufgebot des Notarztes, welcher den Patienten intubierte. GCS war 3, Blutzucker nicht messbar, Körpertemperatur 32°C.
In Folge persistierte eine Hypotonie. Insgesamt verabreichte der Rettungsdienst: Atropin 0.5mg, Adrenalin 0.060 mg, Anexate 0.2mg, Fentanyl 0.2mg, Propofol 120, Rocuronium 160mg

Welche Elektrolytstörung(en) liegen hier vor?

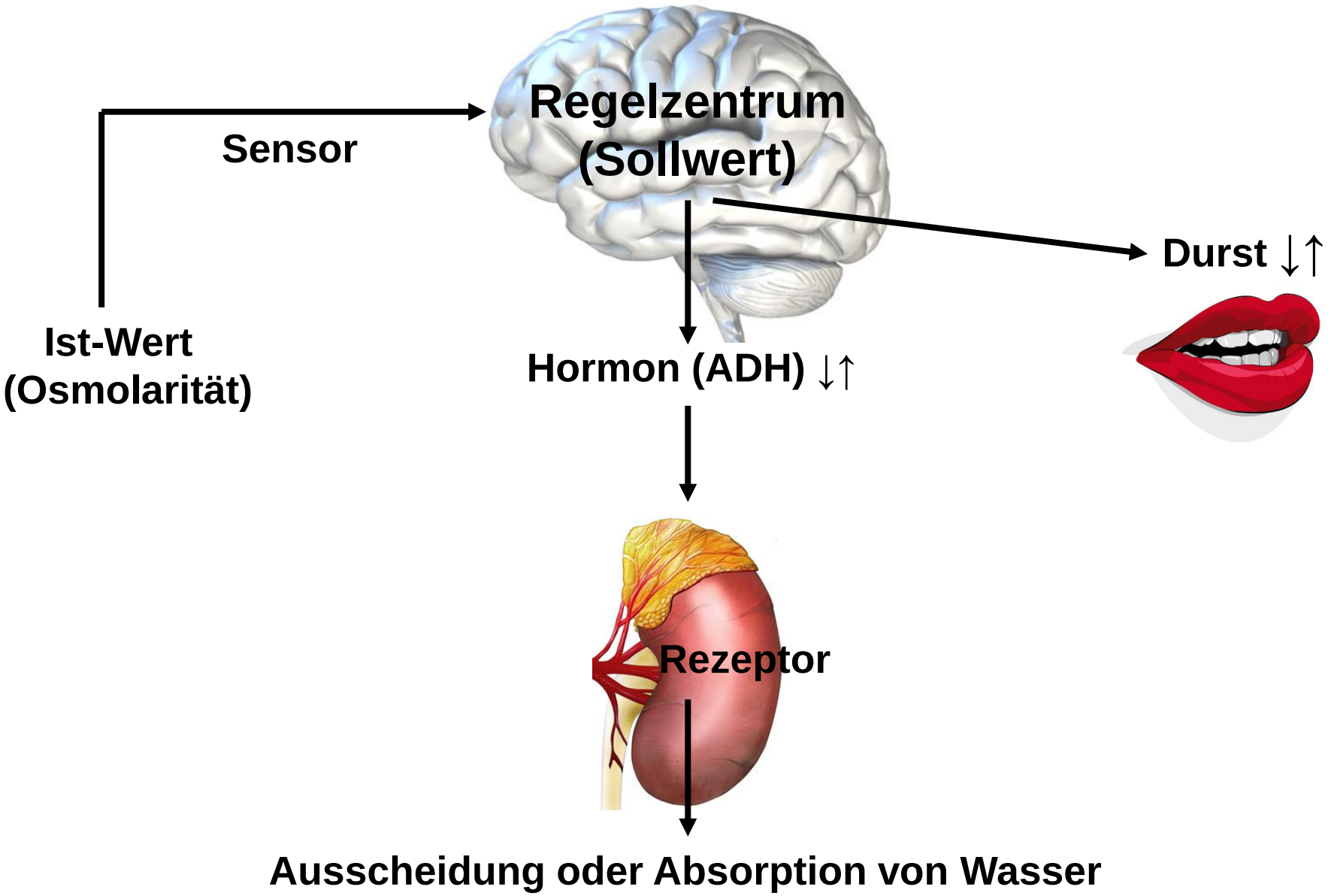
		Abnahme Datum	17.10.17
		Wochentag Zeit	Di 15:31
		Eingangs Datum	17.10.17
		Wochentag Zeit	Di 15:31
Diverses			
Bemerkungen			
Analysator			AUFN B OP
Material			Arteriell
Spezieller Probentyp			...
Temperatur	C	-	37.0
FO2(1)	%	-	0.0
Blutgas Ergebnis			
pH		-	6.902
pCO2	kPa	-	3.86
pO2	kPa	-	35.2
Oxymetrie Ergebnis			
Hctc	fraction	-	0.268
ctHb	g/l	-	86.0
sO2	fraction	-	0.985
FHHb	fraction	-	0.015
FO2Hb	fraction	-	0.971
FCOHb	fraction	-	0.003
FMetHb	fraction	-	0.011
Elektrolyt Ergebnis			
cK+	mmol/l	-	6.6
cNa+	mmol/l	-	126
cCl-	mmol/l	-	90
cCa2+	mmol/l	-	1.20
Anion gapc	mmol/l	-	30.8

Hyponatriämie und Hyperkaliämie

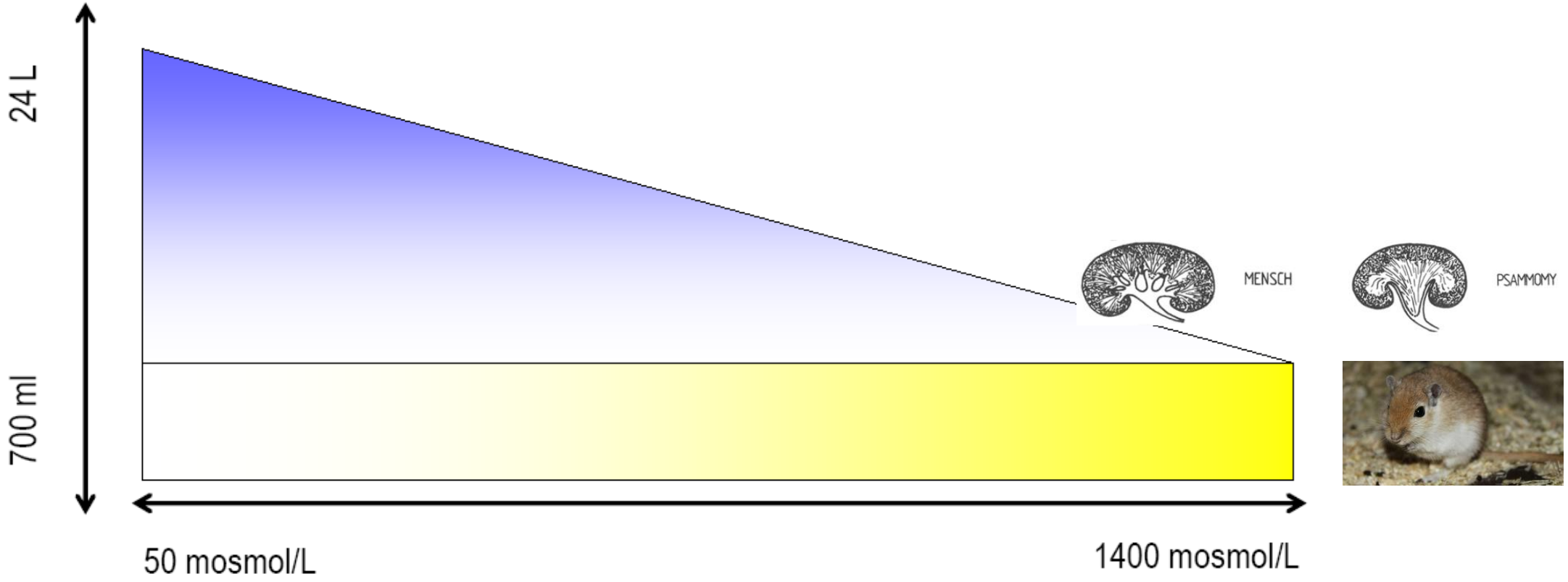
Volumen- vs. Osmoregulation



Osmoregulation = Regulation des Wasserhaushalts



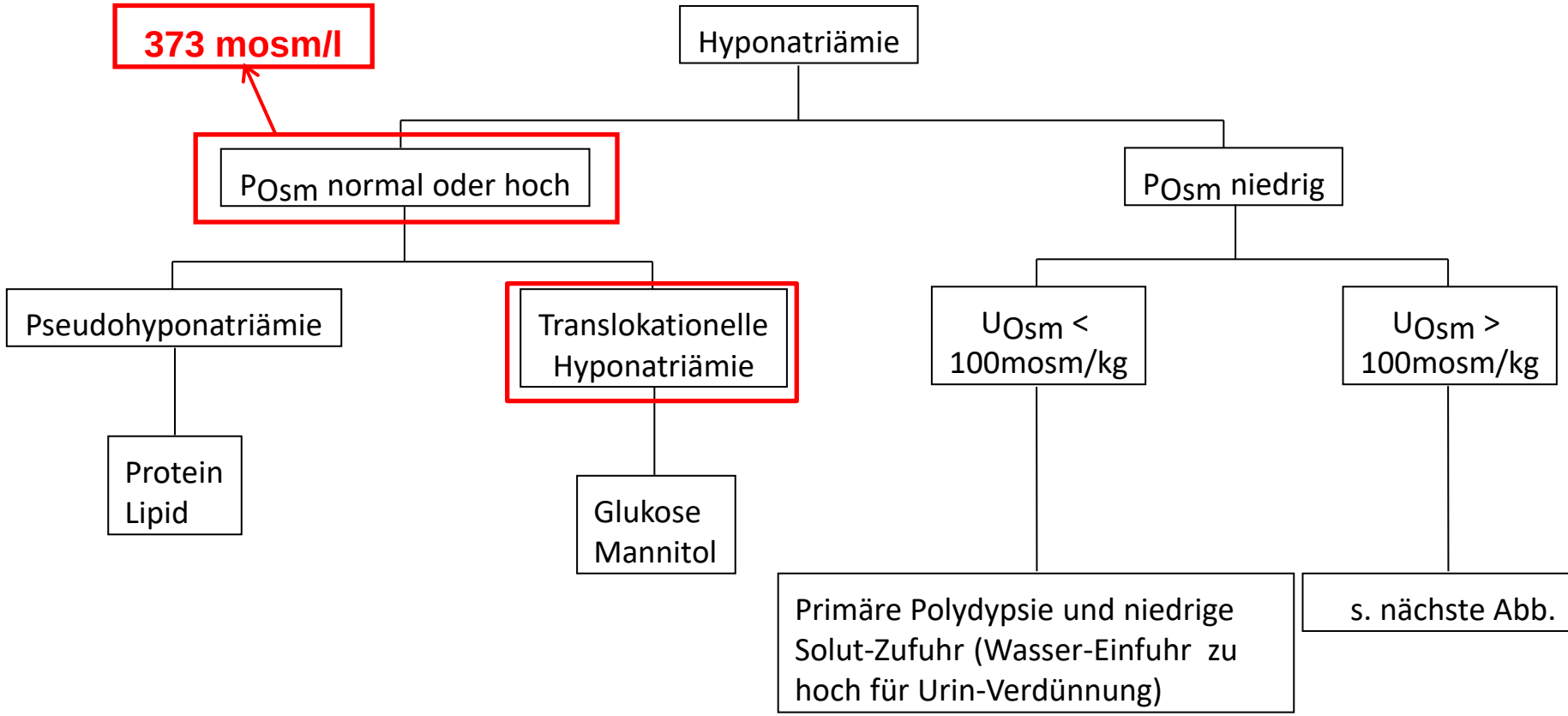
Harnkonzentration und Harnvolumen



Wichtige Fragen bei der Diagnostik und Therapie hyponatriämer Patienten

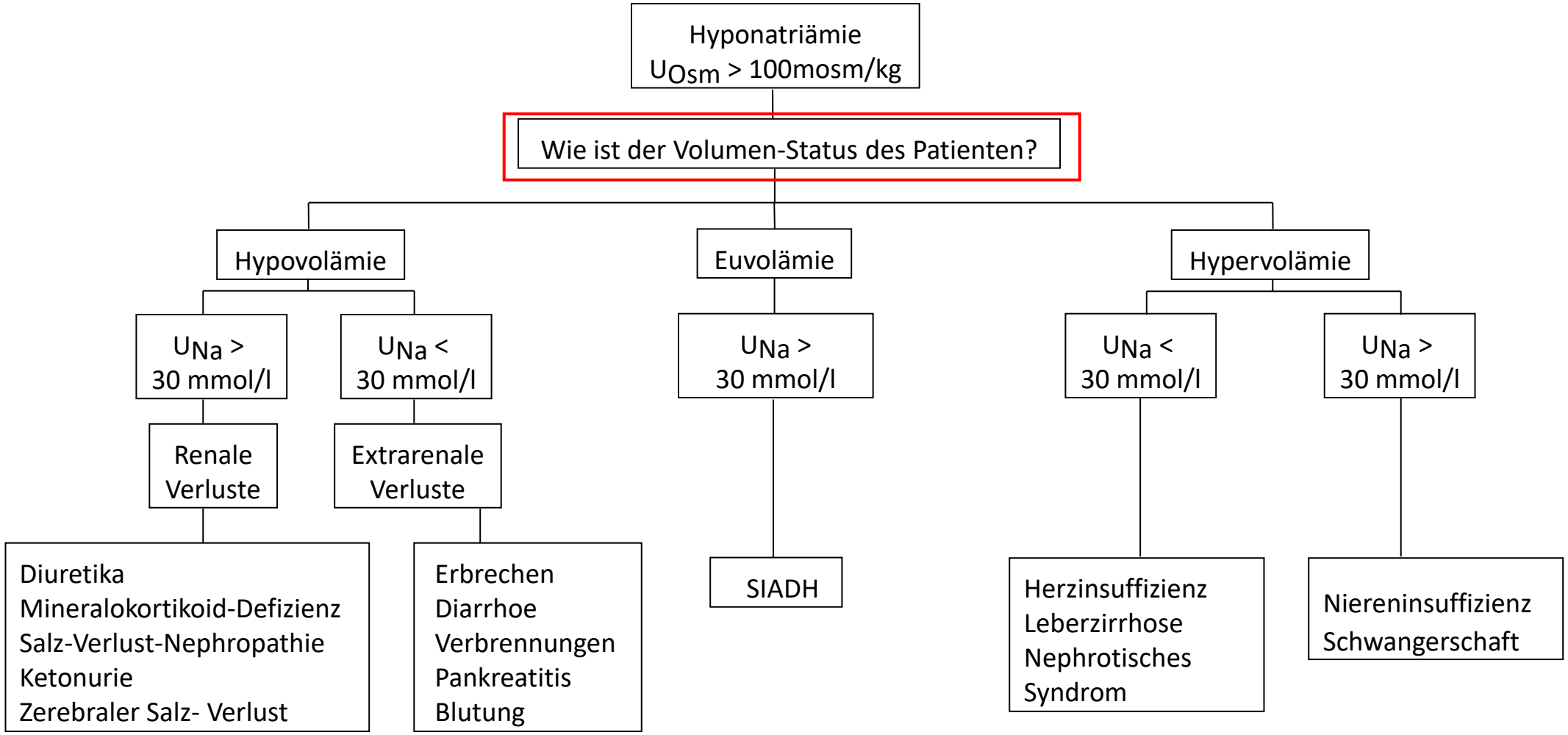
1. Liegt eine Hyponatriämie und eine Hypoosmolalität vor?
2. Ist die Antwort der Niere adäquat?
3. Wie ist der Volumenstatus des Patienten?
4. Wie schnell ist die Hyponatriämie entstanden?

Diagnostisches Flussdiagramm bei Hyponatriämie (1)

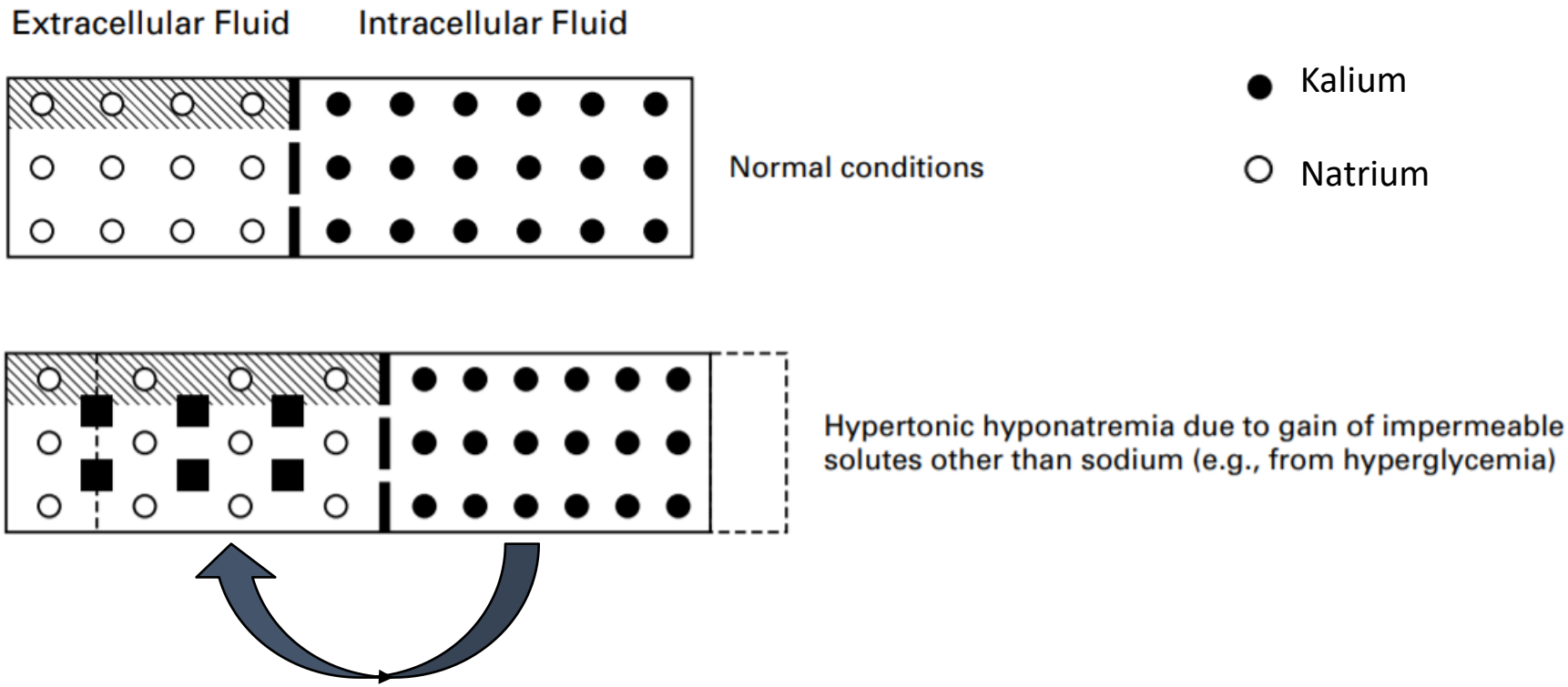


		Abnahme Datum	17.10.17
		Wochentag Zeit	Di 15:31
		Eingangs Datum	17.10.17
		Wochentag Zeit	Di 15:31
Diverses			
Bemerkungen			
Analysator			AUFN B OP
Material			Arteriell
Spezieller Probentyp			...
Temperatur	C	-	37.0
FO2(1)	%	-	0.0
Blutgas Ergebnis			
pH		-	6.902
pCO2	kPa	-	3.86
pO2	kPa	-	35.2
Oxymetrie Ergebnis			
Hctc	fraction	-	0.268
ctHb	g/l	-	86.0
sO2	fraction	-	0.985
FHHb	fraction	-	0.015
FO2Hb	fraction	-	0.971
FCOHb	fraction	-	0.003
FMetHb	fraction	-	0.011
Elektrolyt Ergebnis			
cK+	mmol/l	-	6.6
cNa+	mmol/l	-	126
cCl-	mmol/l	-	90
cCa2+	mmol/l	-	1.20
Anion gapc	mmol/l	-	30.8
Metabolit Ergebnis			
cLac	mmol/l	-	9.0
cGlu	mmol/l	-	> 60 (1)
mOsmc	mmol/kg		
Säure-Basen Status			
SBE	mmol/l	-	-24.6
cHCO3-(P,st)c	mmol/l	-	6.3
ctCO2 (P)c	mmol/l	-	6.3

Diagnostisches Flussdiagramm bei Hyponatriämie (2)



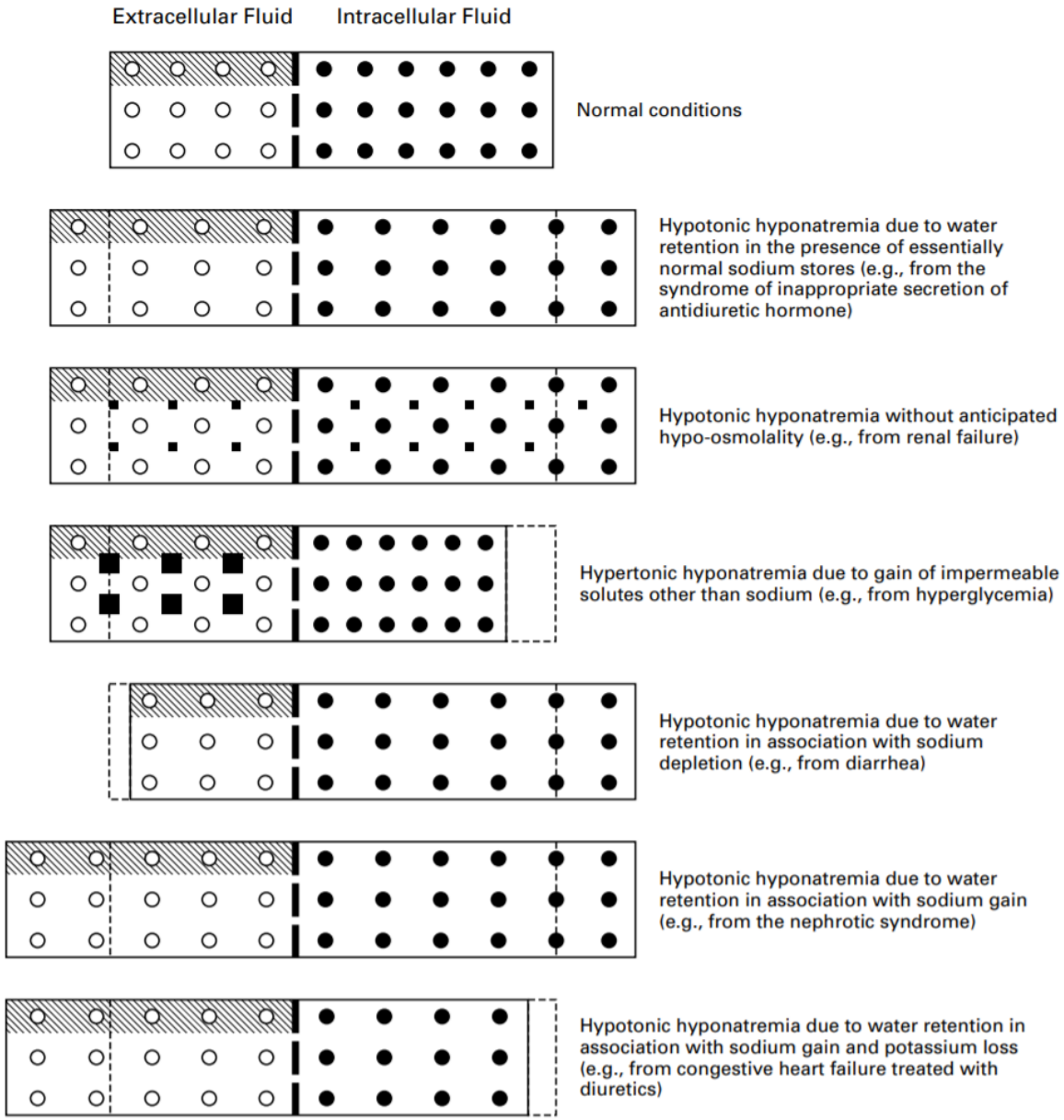
Translokationelle Hyponatriämie



Translokation von Wasser aus dem Intrazellulärraum in den Extrazellulärraum (bedingt durch Glukose im Extrazellulärraum)

N Engl J Med. 2000 May 25;342(21):1581-9

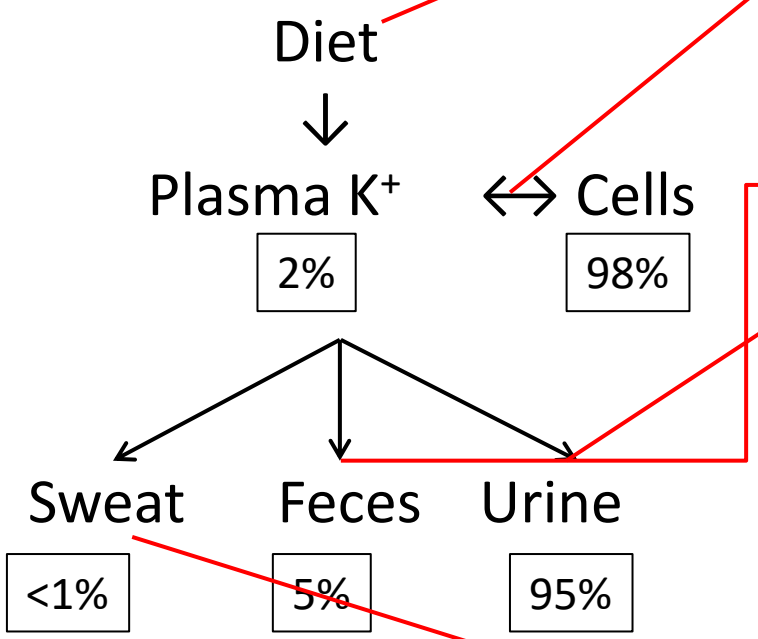
Differentialdiagnose Hyponatriämien



- SIADH (Syndrom der inadäquaten ADH-Sekretion
- Niereninsuffizienz
- Translokationelle Hyponatriämie
- Diarrhoe (Wasser- und Na-Verlust)
- Nephrotisches Syndrom (Retention von Wasser und Natrium)
- Herzinsuffizienz und Diuretikagabe (Retention von Natrium und Verlust von Kalium

N Engl J Med. 2000 May 25;342(21):1581-9

Pathogenese sowie Differentialdiagnosen der *Hypo*kaliämie



1. Verminderte Zufuhr (Diät, i.v. Flüssigkeit)
2. Shift in den Intrazellulärraum:
   - Alkalose, Insulin ↑, Adrenerge Aktivität ↑ (Stress, ß-Agonisten, etc.), Familiäre periodische Paralyse, schnelles Zellwachstum, Pseudohypokaliämie, Hypothermie, Chloroquin-Vergiftung
3. Gastrointestinaler Verlust
4. Vermehrte renale Ausscheidung:
   - Diuretika (Schleifendiuretika, Thiazide), Mineralokortikoidexzess, Liddle Syndrom, Bartter oder Gitelman, vermehrter distaler Nephronfluss (Salzverlustnephropathien), Natriumrückresorption mit einem nicht-resorbierbarem Anion (Erbrechen, metabolische Azidose, Penicillinderivative, Toluen), Amphotericin B, Hypomagnesiämie, Polyurie
5. Vermehrte Schweissbildung
6. Dialyse

Warum kam es hier zu einer *Hyper*kaliämie? Denken Sie an das Gegenteil!

	Abnahme Datum		17.10.17
	Wochentag Zeit		Di 15:31
	Eingangs Datum		17.10.17
	Wochentag Zeit		Di 15:31
Diverses			
Bemerkungen			
Analysator			AUFN B OP
Material			Arteriell
Spezieller Probentyp			...
Temperatur	C	-	37.0
FO2(1)	%	-	0.0
Blutgas Ergebnis			
pH		-	6.902
pCO2	kPa	-	3.86
pO2	kPa	-	35.2
Oxymetrie Ergebnis			
Hctc	fraction	-	0.268
ctHb	g/l	-	86.0
sO2	fraction	-	0.985
FHHb	fraction	-	0.015
FO2Hb	fraction	-	0.971
FCOHb	fraction	-	0.003
FMetHb	fraction	-	0.011
Elektrolyt Ergebnis			
cK+	mmol/l	-	6.6
cNa+	mmol/l	-	126
cCl-	mmol/l	-	90
cCa2+	mmol/l	-	1.20
Anion gapc	mmol/l	-	30.8
Metabolit Ergebnis			
cLac	mmol/l	-	9.8
cGlu	mmol/l	-	> 60 (1)
mOsmc	mmol/kg	-	
Säure-Basen Status			
SBE	mmol/l	-	-24.6
cHCO3-(P,st)c	mmol/l	-	6.3
ctCO2 (P)c	mmol/l	-	6.3

Metabolische Azidose

Insulindefizit

1. Verminderte Zufuhr (Diät, i.v. Flüssigkeit)
2. Shift in den Intrazellulärraum:
   - Alkalose, Insulin ↑, Adrenerge Aktivität ↑ (Stress, ß-Agonisten, etc.), Familiäre periodische Paralyse, schnelles Zellwachstum, Pseudohypokaliämie, Hypothermie, Chloroquin-Vergiftung
3. Gastrointestinaler Verlust
4. Vermehrte renale Ausscheidung:
   - Diuretika (Schleifendiuretika, Thiazide), Mineralokortikoidexzess, Liddle Syndrom, Bartter oder Gitelman, vermehrter distaler Nephronfluss (Salzverlustnephropathien), Natriumrückresorption mit einem nicht-resorbierbarem Anion (Erbrechen, metabolische Azidose, Penicillinderivative, Toluen), Amphotericin B, Hypomagnesiämie, Polyurie
5. Vermehrte Schweissbildung
6. Dialyse

Agenda

- Natrium
- Kalium

Fall 1

- Calcium

Fall 2

5 Monate später…

Eintrittsdatum: 20.10.2016

[redacted]

Dokumentationsblatt

[redacted]

Zuweisung an: KIM **Label:** Klinik für Innere Medizin

Diagnoseliste/Problemliste

1. **Hypercalciämie unkl. Genese**
   - Korrigiertes Calzium 3.39 mmol, PTH 3ng/l, vit-D-25OH 65 nmol/l
   - ausgeprägte Nephrokalzinose bds, bereits in 07/2016 Spital Affoltern (anamnestisch seit Kindheit)
2. **HWI**
   - bereits im Zuger Kantosspital Behandlung mit Amoxicillin/Clavulansäure
   - Urikult ausstehend
3. **Gravida 1 Para 0**
   - aktuell in den 20 SS-Woche
4. **unklare zystische Raumforderung li. Niere**
   - Sonographie vom 19.10.16 Zuger Kantonsspital
   - Verlaufskontrolle Empfohlen
5. **Normochrome normozytäre Anämie**

Procedere

- endokrinologisches Konsil angemeldet
- Nephrologisches Konsil angemeldet
- Gynäkologie informiert

Nephrologisches Konsilium

- Anamnese
  - starke Müdigkeit, Flankenschmerzen beidseits sowie Muskelschmerzen an den Armen und Beinen
  - PA: mit ca. 11 Jahren in Skopje vermutlich Nierensteinabgang, seitdem «Nephrokalzinose» bekannt jedoch nie mehr Probleme mit Nierensteinen oder den Nieren gehabt
  - von den Eltern zugeschickte Unterlagen: V.a. RTA im Kindesalter
  - keine weiteren Kontrollen gehabt, keine medikamentöse Therapie
  - FA: negativ bzgl. Nierenerkrankungen, keine Konsanguinität der Eltern
  - SA: verheiratet, als Aushilfe bei McDonalds gearbeitet, 1. SS
- Körperliche Untersuchung
  - unauffällig
- Laboruntersuchung

Laborwerte

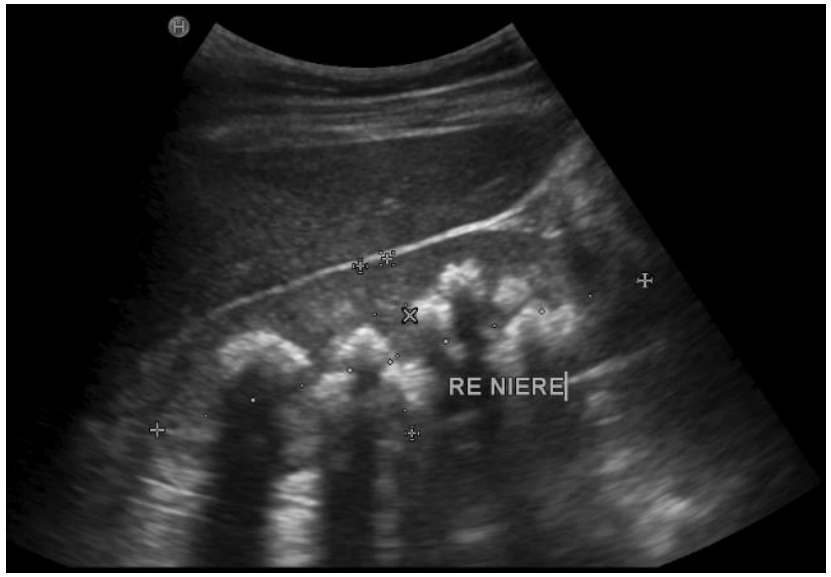
		Abnahme Datum	21.10.16
		Wochentag Zeit	Fr 07:30
		Eingangs Datum	21.10.16
		Wochentag Zeit	Fr 08:38
Bemerkungen			
Elektrolyt- und Wasserh…			
Natrium	mmol/l	136 - 145	137
Kalium	mmol/l	3.3 - 4.5	3.4
Chlorid	mmol/l	98 - 107	105 (1)
Magnesium	mmol/l	0.65 - 1.05	* 0.51 (1)
Calcium, total	mmol/l	2.09 - 2.54	* 3.16
Calcium Albumin korr.	mmol/l	2.09 - 2.54	* 3.36 (2)
Phosphat	mmol/l	0.87 - 1.45	* 0.70
Vitamine			
25-Hydroxy-Vitamin D (R…	µg/l	> 20	25.3 (4)
25-Hydroxy-Vitamin D (L…	µg/l	> 20	
1,25 Dihydroxyvitamin D	ng/l	19.9 - 79.3	
1,25 Dihydroxyvitamin D	ng/l	26.1 - 95.0	82.9
Schilddrüse			
TSH, basal	mU/l	0.16 - 4.25	3.19
Calcium- und Knochensto…			
Parathormon, intaktes	ng/l	15 - 65	* 9.2
Nebennierenrinde			
Cortisol	nmol/l	(A)	1002 (5)
ACE-Aktivität	U/l	12 - 68	13.5

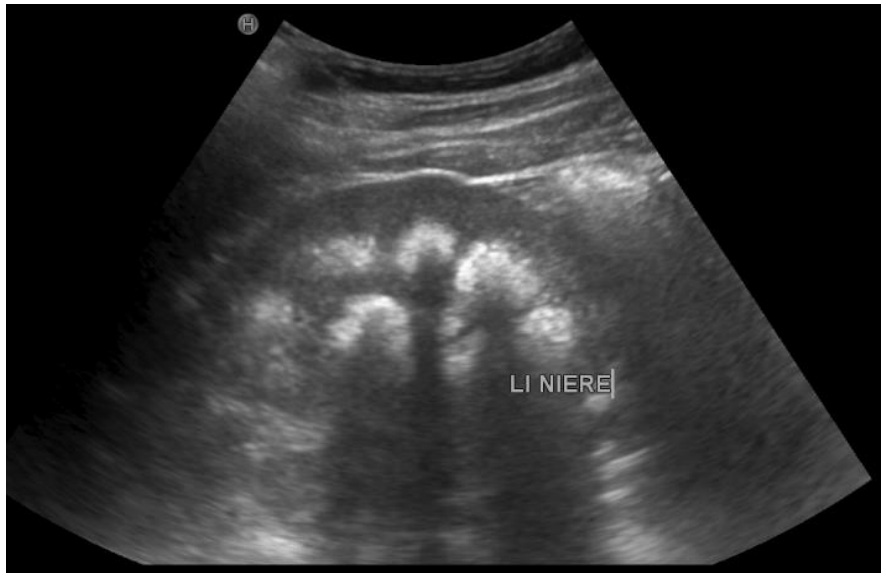
		Abnahme Datum	21.10.16	25.10.16	24.10.16
		Wochentag Zeit	Fr 07:30	Di 10:45	Mo 15:45
		Eingangs Datum	21.10.16	25.10.16	25.10.16
		Wochentag Zeit	Fr 08:40	Di 11:43	Di 18:32
Urinvolumen	ml				5000
Sammelzeit	h				24
Elektrolyt- und Wasserh…					
Natrium	mmol/l				54
Natrium Menge	mmol	38 - 217			* 270
Kalium	mmol/l				6.7
Kalium Menge	mmol	31 - 106			33.5
Chlorid	mmol/l				
Chlorid Menge	mmol	48 - 207			
Calcium	mmol/l				2.36
Calcium Menge	mmol	< 6.3			* 11.80
Magnesium	mmol/l				0.74
Magnesium Menge	mmol	3.0 - 5.0			3.70
Phosphat	mmol/l				3.32
Phosphat Menge	mmol	12.9 - 42.0			16.60
Metabolite					
Kreatinin	mmol/l				1.38
Kreatinin Menge	mmol	7.0 - 14.0			* 6.90
Oxalat	mmol/l				0.04
Oxalat Menge	mmol	< 0.5			0.20

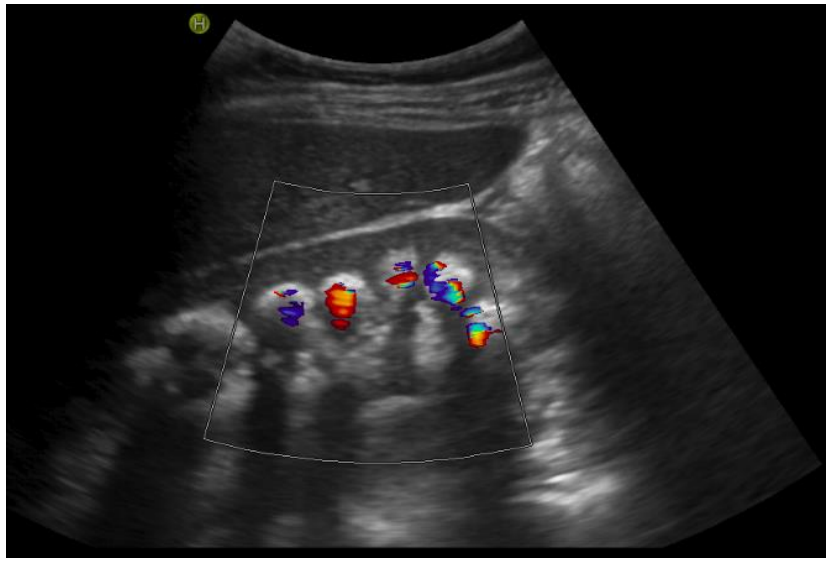
			Abnahme Datum	21.10.16
			Wochentag Zeit	Fr 10:54
			Eingangs Datum	21.10.16
			Wochentag Zeit	Fr 10:54
Diverses				
Bemerkungen				
Analysator				WEST D IMC
Material				Venös
Spezieller Probentyp				0
Temperatur	C	-		37.0
FO2(1)	%	-		
Blutgas Ergebnis				
pH		-		7.420
pCO2	kPa	-		4.62
pO2	kPa	-		5.18
Oxymetrie Ergebnis				
Hctc	fraction	-		0.273
ctHb	g/l	-		89.0
sO2	fraction	-		0.730
FHHb	fraction	-		0.263
FO2Hb	fraction	-		0.711
FCOHb	fraction	-		0.014
FMetHb	fraction	-		0.012
Elektrolyt Ergebnis				
cK+	mmol/l	-		3.1
cNa+	mmol/l	-		138
cCl-	mmol/l	-		110
cCa2+	mmol/l	-		1.79
Anion gapc	mmol/l	-		
Metabolit Ergebnis				
cLac	mmol/l	-		1.3
cGlu	mmol/l	-		5.7
mOsmc	mmol/kg	-		
ctBil	µmol/l	-		13
cCrea	µmol/l	-		
Säure-Basen Status				
HCO3- (P)c	mmol/l	-		
ABE	mmol/l	-		-1.9
SBE	mmol/l	-		
cHCO3-(P,st)c	mmol/l	-		22.5
ctCO2 (P)c	mmol/l	-		
Sauerstoff Status				
p50(T)c	kPa	-		
Temperatur Korrektion				
pH(T)		-		7.420
pCO2(T)	kPa	-		4.62
pO2(T)	kPa	-		5.18

Entnahmedatum		25.10.2016		
Entnahmezeit		07:30		
Erfassungsdatum/-zeit		25.10 14:18	Druckdatum	28.10.16
Prüflabor		004	Druckzeit	17:48
Auftrags-Nr.		19.030525		
Analyse	Vorwerte	Resultat	Einheit	Referenz
Endokrinologie				
Parathormon-rel. Peptid		<0.50	pmol/L	< 1.3

Nierensonographie

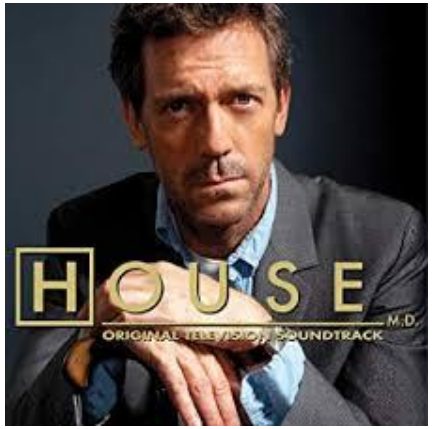






Medulläre Nephrocalcinose beidseits

Diagnose?



		Abnahme Datum	21.10.16
		Wochentag Zeit	Fr 07:30
		Eingangs Datum	21.10.16
		Wochentag Zeit	Fr 08:38
Bemerkungen			
Elektrolyt- und Wasserh…			
Natrium	mmol/l	136 - 145	137
Kalium	mmol/l	3.3 - 4.5	3.4
Chlorid	mmol/l	98 - 107	105 (1)
Magnesium	mmol/l	0.65 - 1.05	* 0.51 (1)
Calcium, total	mmol/l	2.09 - 2.54	* 3.16
Calcium Albumin korr.	mmol/l	2.09 - 2.54	* 3.36 (2)
Phosphat	mmol/l	0.87 - 1.45	* 0.70
Vitamine			
25-Hydroxy-Vitamin D (R…	µg/l	> 20	25.3 (4)
25-Hydroxy-Vitamin D (L…	µg/l	> 20	
1,25 Dihydroxyvitamin D	ng/l	19.9 - 79.3	
1,25 Dihydroxyvitamin D	ng/l	26.1 - 95.0	82.9
Schilddrüse			
TSH, basal	mU/l	0.16 - 4.25	3.19
Calcium- und Knochensto…			
Parathormon, intaktes	ng/l	15 - 65	* 9.2
Nebennierenrinde			
Cortisol	nmol/l	(A)	1002 (5)
ACE-Aktivität	U/l	12 - 68	13.5

Primärer Hyperparathyreoidismus (PTH supprimiert), FHH (familiäre hypocalciurische Hypercalcämie), Malignom-assoz. Hypercalcämie (ohne klinischen Anhalt, PTHrP normal), Sarkoidose (ACE normal, keine Klinik), Hyperthyreose (SD-Werte normal), Vitamin D-Intoxikation (Vit. D normal), Nebennieren-Insuffizienz (Cortisol normal), Milch-Alkali-Syndrom eher unwahrscheinlich!

Entnahmedatum		25.10.2016		
Entnahmezeit		07:30		
Erfassungsdatum/-zeit		25.10 14:18	Druckdatum	28.10.16
Prüflabor		004	Druckzeit	17:48
Auftrags-Nr.		19.030525		
Analyse	Vorwerte	Resultat	Einheit	Referenz
Endokrinologie				
Parathormon-rel. Peptid		<0.50	pmol/L	< 1.3

Differentialdiagnose Hypercalcämie

PTH-assoziierte Hypercalcämie (PTH erhöht bzw. hoch-normal)

- Primärer Hyperparathyreoidismus
  - inkl. genetische Formen (MEN Typ 1 und 2a, isolierter familiärer Hyperparathyreoidismus, Hyperparathyreoidismus-Kiefertumor-Syndrom)
  - sehr selten Nebenschildrüsenkarzinome
- Familiäre hypocalciurische Hypercalcämie (FHH)
  - loss-of-function Mutation des Calcium-sensing Rezeptors
- Tertiärer Hyperparathyreoidismus
- Lithium-induzierte PTH-Sekretion

PTH-unabhängige Hypercalcämie (PTH-rP, Calcitriol oder Zytokine erhöht)

- Paraneoplastisch
- Granulomatöse Erkrankungen
  - Calcitriol ↑
- Vitamin D Überdosierung
- Medikamente (z.B. Thiazide, Vitamin A ...)
- Hyperthyreose
- Nebenniereninsuffizienz
- Immobilisation
- Milch-Alkali-Syndrom
- Akromegalie
- Phäochromozytom
- Idiopathische infantile Hypercalcämie

Differentialdiagnose Hypercalcämie

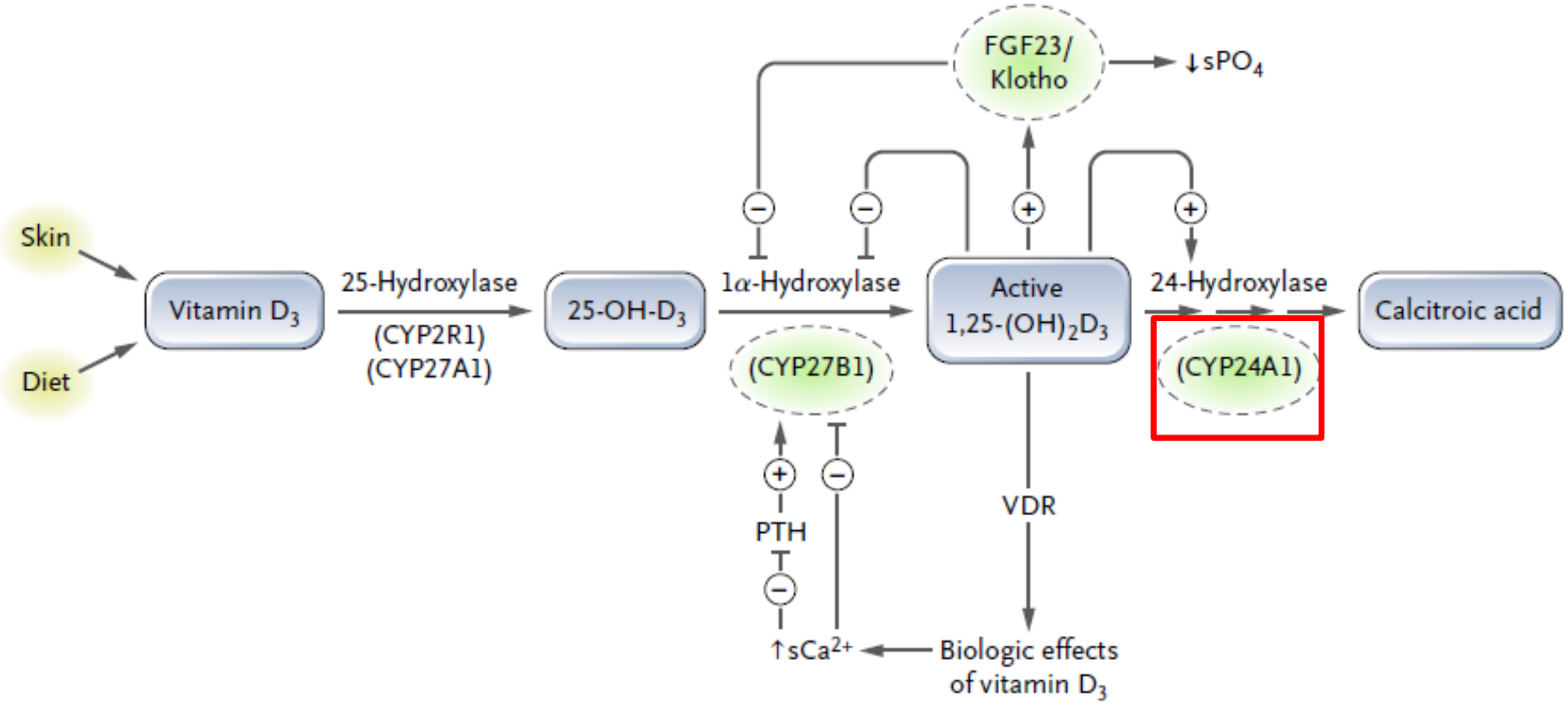
- **Primärer Hyperparathyreoidismus**
  - Prävalenz 1-7/1000
  - weibliche Patientinnen 2-3x häufiger betroffen
  - > 80% durch ein singuläres Adenom bedingt

- **Paraneoplastisch**
  - bei ca. 3% der Patienten mit einem Karzinom
  - PTH-rP ↑ (>80%), Calcitriol ↑, Osteolysen

} > 90% der Fälle

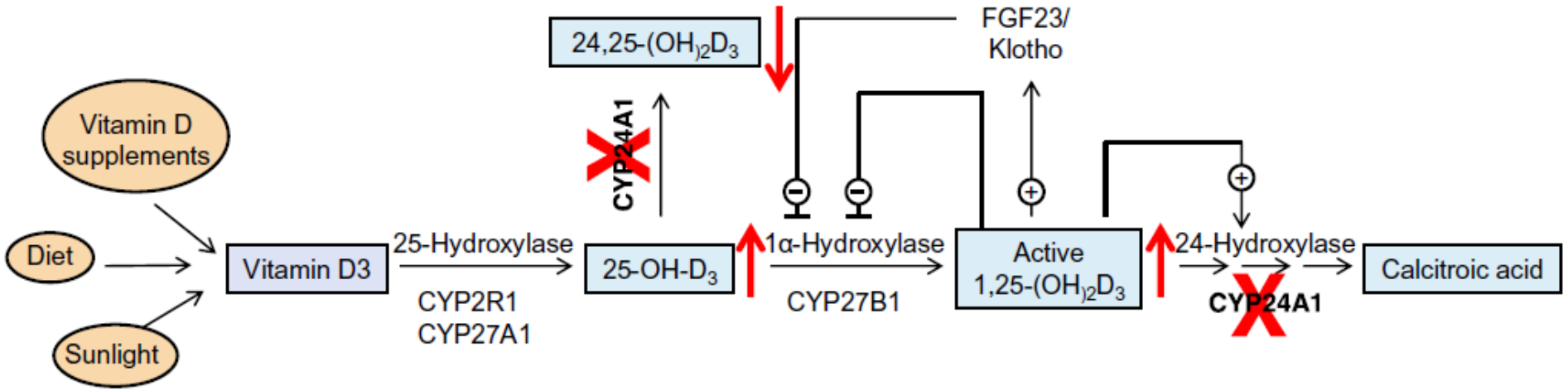
BMJ 2015;350:h2723 doi: 10.1136/bmj.h2723 (Published 2 June 2015)

Vitamin D Stoffwechsel



N Engl J Med 2011;365:410-21

Einfluss von *CYP24A1* Mutation auf den Vitamin D Stoffwechsel



Pediatr Nephrol (2015) 30:145–152

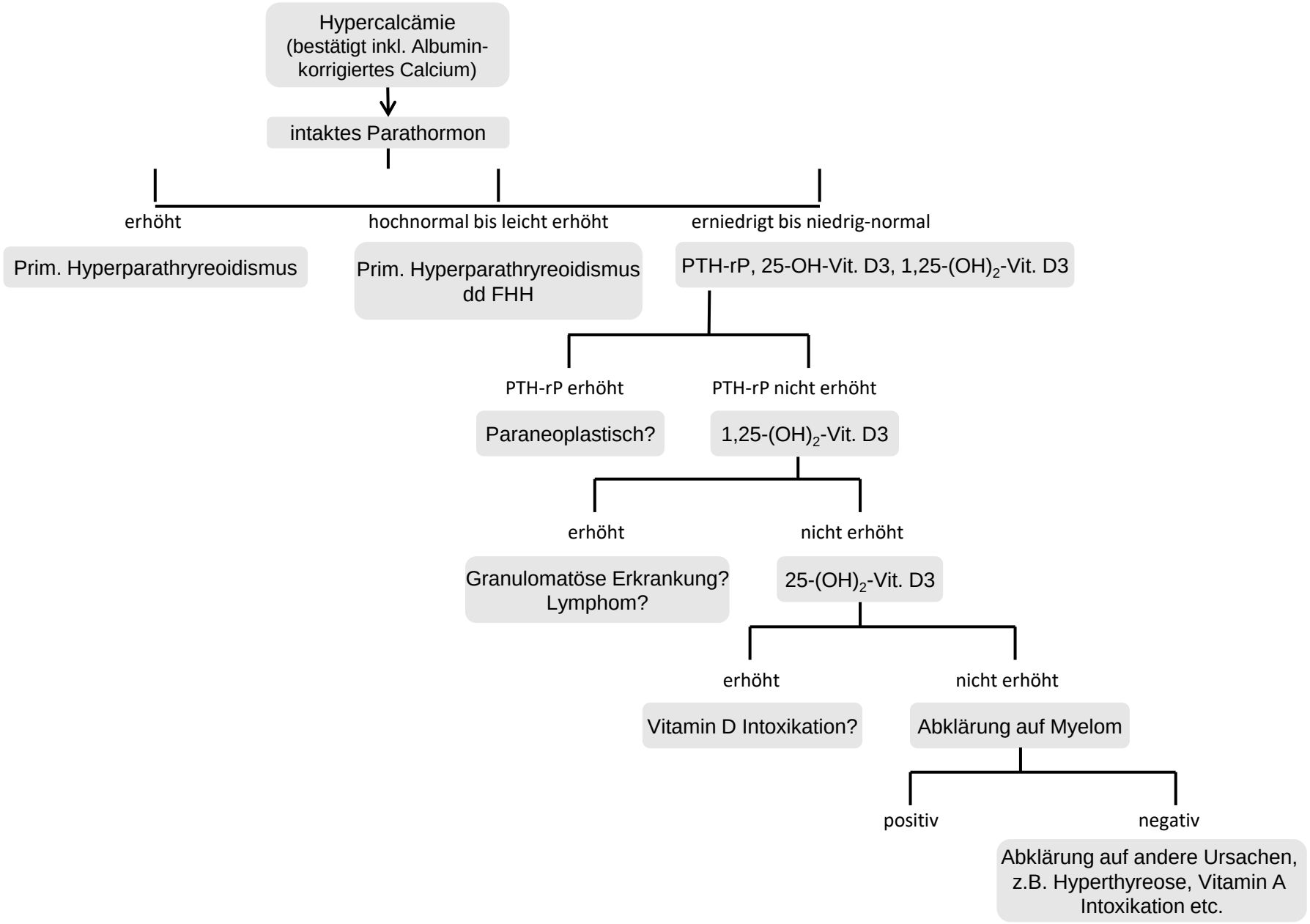
Idiopathische infantile Hypercalcämie (Lightwood Syndrome)

- Loss-of-function Mutation des *CYP24A1* Gens
- *CYP24A1* kodiert für die 24-Hydroxylase
- Erstbeschreibung ca. 1950 in UK: 200 Kinder mit unklarer Hypercalcämie (Gedeihstörung, Erbrechen, Volumendepletion, Nephrocalcinose, suppr. PTH)
- Erst 60 Jahre später Beschreibung des genetischen Defekts (NEJM 2011, Schlingmann et al.)
- Labor: Hypercalcämie, PTH tief, 25- und 1,25-$(OH)_2$-Vit. D3 normal-erhöht, Hypercalciurie
- Phänotyp bei Erwachsenen häufig milder mit Nephrolithiasis, Hypercalcämie und Nephrocalcinose

Laborparameter zur Abklärung einer Hypercalcämie

- Calcium gesamt, Albumin-korrigiert (40-45% des Calciums ist Albumin-gebunden)
- Parathormon
- 25-OH-Vit. D3 (Calcidiol) und 1,25-$(OH)_2$-Vit. D3 (Calcitriol)
- PTH-rP (PTH-related Peptide)
- Phosphat
- Säure-Basen-Status
- TSH
- Cortisol

Algorithmus für die Abklärung einer Hypercalcämie



modifiziert nach UpToDate