

T15 – Wasser- und Elektrolythaushalt

Lernziele

Nach dieser Einheit sollen die Studierenden:

- Die Bedeutung des Wasser- und Elektrolythaushalts für den Organismus verstehen.
 - Die Regulation durch Niere, Hormone und Atmung erklären können.
 - Störungen wie Dehydratation, Hyponatriämie, Azidose oder Alkalose erkennen.
 - Den Säure-Basen-Haushalt (pH-Regulation) sicher interpretieren und anwenden können.
-

1. Grundlagen – Wasser und Elektrolyte

- Der menschliche Körper besteht zu etwa 60 % aus Wasser.
 - 👉 Männer etwas mehr, Frauen etwas weniger (mehr Fettgewebe).
- Das Wasser verteilt sich auf verschiedene Kompartimente:
 - Intrazellulärraum (IZR): ca. 40 % des Körpergewichts
 - Extrazellulärraum (EZR): ca. 20 % des Körpergewichts
 - Davon Plasma (~5 %) und Interstitium (~15 %)

Haupt-Elektrolyte:

Kompartiment	Hauptkation	Hauptanion
Intrazellulär	K ⁺	Proteinate, Phosphat
Extrazellulär	Na ⁺	Cl ⁻ , HCO ₃ ⁻

 Eselsbrücke:

„Kalle intra, Nachbarn extra!“

→ K^+ intrazellulär, Na^+ extrazellulär

💡 Klinisches Beispiel:

Eine Patientin nimmt Diuretika ein und klagt über Muskelschwäche → Hypokaliämie.

→ Gefahr von Herzrhythmusstörungen!

2. Regulation des Wasserhaushalts

Hauptakteure und ihre Funktionen:

- ADH (Antidiuretisches Hormon):

Wird im Hypothalamus gebildet, in der Hypophyse gespeichert.

➡ Erhöht Wasserrückresorption in der Niere.

- Aldosteron:

Wird in der Nebennierenrinde produziert.

➡ Steigert Rückresorption von Na^+ (und damit Wasser) im distalen Tubulus.

- ANP (Atrielles natriuretisches Peptid):

Wird bei Dehnung der Herzvorhöfe ausgeschüttet.

➡ Fördert Na^+ - und Wasserausscheidung, senkt Blutvolumen und Druck.

💡 Klinisches Beispiel:

Bei Herzinsuffizienz kommt es zu einer Dehnung der Vorhöfe → vermehrte ANP-Freisetzung



 Mnemonic:

„3A steuern das Aqua!“

- ADH
- Aldosteron
- ANP

☑ 3. Säure-Basen-Haushalt

- Der pH-Wert des Blutes liegt physiologisch zwischen 7,35 und 7,45.
- Schon geringe Abweichungen können lebensgefährlich sein.

Henderson-Hasselbalch-Gleichung:

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \left(\frac{[\text{HCO}_3^-]}{(0,03 \times \text{pCO}_2)} \right)$$

Puffer-Systeme:

- Bicarbonat-Puffer 
- Phosphat-Puffer
- Protein-/Hämoglobin-Puffer

Hauptformen der Störung:

Störung	Ursache	Kompensation	Beispiel
Metabolische Azidose	Säureüberschuss oder Bicarbonatverlust	Hyperventilation (CO ₂ -Abatmung)	Ketoazidose, Durchfall
Respiratorische Azidose	CO ₂ -Retention (Hypoventilation)	Renale HCO ₃ ⁻ -Rückresorption	COPD
Metabolische Alkalose	Basenüberschuss oder Säureverlust	Hypoventilation	Erbrechen
Respiratorische Alkalose	CO ₂ -Verlust (Hyperventilation)	Renale Säureausscheidung	Angst, Höhenluft

 Klinischer Bezug:

Ein Diabetiker mit tiefer Atmung („Kussmaul-Atmung“) hat eine metabolische Azidose – der Körper kompensiert durch CO₂-Abatmung.

4. Störungen des Wasser- und Elektrolythaushalts

Störung	Ursache	Symptome	Therapie
Dehydratation	Erbrechen, Durchfall, Fieber, Schwitzen	trockene Schleimhäute, Hypotonie, Tachykardie	Flüssigkeitsgabe
Hyperhydratation	Herz-/Niereninsuffizienz, ADH-Überschuss	Ödeme, Gewichtszunahme, Hyponatriämie	Diuretika, Na ⁺ -Reduktion
Hyponatriämie	SIADH, Erbrechen, Diuretika	Kopfschmerzen, Krämpfe, Verwirrtheit	Langsame Na ⁺ -Korrektur
Hypernatriämie	Flüssigkeitsmangel, Diabetes insipidus	Durst, Unruhe, neurologische Ausfälle	Wasserzufuhr
Hypokaliämie	Diuretika, Insulin, Erbrechen	Muskelschwäche, Arrhythmien	Kaliumgabe
Hyperkaliämie	Nierenversagen, Zellzerfall	Bradykardie, Kammerflimmern	Calciumgabe, Insulin-Glucose, Dialyse

 Eselsbrücke:

„Kalium = Kraft im Muskel “

→ Zu wenig = schwach, zu viel = Herzstillstand!

 Klinisches Beispiel:

Ein Patient mit chronischer Niereninsuffizienz entwickelt Hyperkaliämie → EKG zeigt T-Zacken ↑.

5. Pharmakologische Aspekte

- Schleifendiuretika (z. B. Furosemid): Na⁺-, K⁺-, Wasserverlust

- Thiazide: $\text{Na}^+ \downarrow$, $\text{K}^+ \downarrow$
- Kaliumsparende Diuretika (z. B. Spironolacton): blockieren Aldosteron $\rightarrow \text{K}^+$ bleibt erhalten

✖ Mnemonic:

„Furo macht Flut, Spiono spart!“

💡 Klinischer Bezug:

Furosemid bei Lungenödem – wirkt schnell entwässernd, kann aber Hypokaliämie auslösen ⚠

📄 Wichtige Prüfungsfragen (AMBOSS + Heilpraktiker)

💧 Wasserhaushalt

1. Wodurch wird ANP stimuliert und wie wirkt es?
2. Welche Formen der Dehydratation gibt es (isoton, hypo-, hyperten)?
3. Was ist eine hypotone Hyperhydratation?

⚡ Elektrolyte

4. Wie hoch ist der normale Na^+ -Spiegel im Serum (ca. 135–145 mmol/l)?
5. Nenne Ursachen und Symptome einer Hyperkaliämie.
6. Wie gelangt Calcium aus dem Darm ins Blut (Vitamin-D-abhängig)?

📖 Säure-Basen

7. Welche Mechanismen kompensieren eine respiratorische Azidose?
8. Warum führt Hyperventilation zu Parästhesien?

Klinisch

9. Welche Diuretika verursachen Hypokaliämie?
10. Welche Symptome treten bei Hyponatriämie auf?



Acronym-Mnemonics zum Merken

Thema	Acronym	Bedeutung
Wasserregulation 3A		ADH – Aldosteron – ANP
Azidoseformen	RAM	Respiratorisch – Azidotisch – Metabolisch
Puffersysteme	BPP	Bicarbonat – Phosphat – Protein
Elektrolyte	NaCl – KCl – Ca ²⁺ – Mg ²⁺	Wichtigste Ionenträger



Klinische Mini-Cases

Fall 1:

Patient mit Fieber, Erbrechen, stehender Hautfalte → isotone Dehydratation

→ Flüssigkeitsersatz mit NaCl-Lösung.

Fall 2:

Angstpatient mit schneller Atmung, Kribbeln in den Fingern → respiratorische Alkalose

→ Beruhigung, Atmung regulieren (z. B. in Tüte atmen).

Fall 3:

Herzinsuffizienzpatient mit Ödemen → Hyperhydratation durch ADH/Aldosteron-Überaktivität

→ Diuretika, Flüssigkeitsbilanzierung.

Lern-Tipp für die Prüfung

- Wiederhole regelmäßig mit Karteikarten!
- Achte in Prüfungsfragen auf:
 - Kompensationsmechanismen (Atmung vs. Niere)
 - Elektrolyt-Verschiebungen bei Diuretika
 - Säure-Basen-Mechanismen nach Henderson-Hasselbalch

 Merke:

„Der Körper ist ein Aquarium – wer das Wasser nicht versteht, versteht die Fische nicht!“ 

Quelle

Haugel Verlag — Heilpraktiker

AMBOSS: [Wasser- und Elektrolythaushalt](#)

“Störungen des Wasser- und Natriumhaushalts.”



Störungen des Wasser- und Natriumhaushalts



Grundidee

Unser Körper besteht zu einem großen Teil aus Wasser und Salzen (Elektrolyten) – besonders Natrium (Na^+).

Beide Stoffe hängen eng zusammen:

Wenn sich Wasser verändert, verändert sich auch Natrium, und umgekehrt.

- Zu wenig Wasser → Dehydratation (Austrocknung)
- Zu viel Wasser → Hyperhydratation (Überwässerung)
- Zu wenig Natrium → Hyponatriämie
- Zu viel Natrium → Hypernatriämie

💡 Merke:

Wasser folgt immer dem Salz – wie ein Magnet 



Begriffe und Bedeutung

Begriff	Bedeutung	Beispiel
Dehydratation	Zu wenig Wasser im Körper	Durchfall, Erbrechen, starkes Schwitzen
Hyperhydratation	Zu viel Wasser im Körper	Herz- oder Niereninsuffizienz
Hyponatriämie	Zu wenig Salz (Na^+) im Blut	zu viel Wasser, Salzverlust
Hypernatriämie	Zu viel Salz (Na^+) im Blut	zu wenig Wasser, starke Schwitzen, Fieber



Wer ist besonders gefährdet?

- Ältere Erwachsene: trinken oft zu wenig, da das Durstgefühl nachlässt.
- Menschen mit Fieber, Durchfall oder Erbrechen: verlieren viel Flüssigkeit.

- Patienten mit Herz-, Nieren- oder Hormonstörungen: können Wasser schlecht regulieren.
-



Wie hängen Wasser und Natrium zusammen?

Wenn man Wasser verliert, bleibt mehr Salz im Blut → Blut wird konzentrierter (hyperton).

Wenn man zu viel Wasser trinkt, wird das Blut verdünnt → weniger Salz (hypoton).

 Merksatz:

- Viel Salz → Zellen verlieren Wasser (schrumpfen)
 - Wenig Salz → Zellen ziehen Wasser an (schwellen)
-



Dehydratation (zu wenig Wasser im Körper)

1

Isotone Dehydratation

- Wasser und Salz gehen gleichmäßig verloren.
- Ursache: Erbrechen, Durchfall, Blutverlust.
- Flüssigkeit außerhalb und innerhalb der Zellen sinkt.

 Beispiel:

Patient mit starker Magen-Darm-Grippe – trockene Lippen, wenig Urin, niedriger Blutdruck.

2

Hypertone Dehydratation

- Mehr Wasser als Salz verloren.
- Salzkonzentration im Blut steigt → Wasser verlässt die Zellen.
- Zellen schrumpfen.
- Ursachen: Schwitzen, Fieber, starkes Dursten, Diabetes.

💡 Beispiel:

Nach langem Arbeiten in der Sonne ohne Trinken → Kopfschmerzen, Schwindel, Muskelschwäche.

3

Hypotone Dehydratation

- Mehr Salz als Wasser verloren.
- Wasser fließt in die Zellen → Zellen schwellen.
- Ursache: Zu viel Wasser ohne Elektrolyte, Diuretika, Nebenniereninsuffizienz.

💡 Beispiel:

Patient trinkt nach Durchfall nur Leitungswasser → Müdigkeit, Schwindel, Muskelschwäche.



Hyperhydratation (zu viel Wasser im Körper)

1

Isotone Hyperhydratation

- Wasser und Salz nehmen gleichmäßig zu.
- Flüssigkeit außerhalb der Zellen steigt.
- Ursachen: Zu viele Infusionen, Herz- oder Niereninsuffizienz.

💡 Beispiel:

Patient mit Herzschwäche → Ödeme an den Beinen, Gewichtszunahme, Atemnot.

2

Hypertone Hyperhydratation

- Zu viel Salz → Wasser zieht aus den Zellen ins Blut.
- Zellen schrumpfen.
- Ursachen: zu salzige Infusion, Hormonstörung (Aldosteronüberschuss).

💡 Beispiel:

Fehlerhafte Infusion → Durst, Unruhe, Kopfschmerzen.

3

Hypotone Hyperhydratation

- Zu viel Wasser, zu wenig Salz.
- Wasser dringt in die Zellen → sie schwellen auf (besonders gefährlich im Gehirn!).
- Ursachen: Trinken von destilliertem Wasser, Glukose-Infusion, Nierenversagen.

⚠️ Wichtig:

Nie 5%-Glukose als Ersatz für Wasser geben → kann Hirnödem (Gehirnschwellung) verursachen!



Anzeichen und Symptome



Dehydration (Wassermangel):

- Durst
- Trockene Haut und Lippen
- Trockene, borkige Zunge
- „Stehende Hautfalte“ (Haut bleibt oben stehen)
- Wenig Urin oder gar kein Urin
- Eingefallene Augen
- Schwindel, Schwäche, Krämpfe
- Niedriger Blutdruck, schneller Puls
- Bei schweren Fällen: Kreislaufchock

💡 Beispiel:

Älterer Patient mit Fieber und Durchfall → trockene Haut, niedriger Blutdruck, kaum Urin.



Hyperhydratation (Überwässerung):

- Schnelle Gewichtszunahme
- Schwellungen (Ödeme) an Beinen oder Gesicht
- Atemnot, feuchte Rasselgeräusche (Lungenödem)
- Aufgeblähte Halsvenen
- Wasser im Bauch (Aszites)
- Hoher Blutdruck
- Kopfschmerzen, Krampfanfälle, Bewusstlosigkeit

💡 Beispiel:

Patient mit Nierenversagen → geschwollene Beine, Atemnot, hoher Blutdruck.



Therapie



Bei Dehydration

- Leicht: Trinken von Flüssigkeit mit Elektrolyten (z. B. Rehydrationslösung).
- Schwer: Infusion mit NaCl 0,9 % oder balancierter Elektrolytlösung.
- Bei Schock: Schocklagerung und sofortige ärztliche Hilfe.

⚠ Achtung:

Bei Nierenversagen oder hohem Kalium → keine kaliumhaltigen Infusionen geben!



Bei Hyperhydratation

- Ursache behandeln (z. B. Herz- oder Nierenerkrankung).
- Diuretika (z. B. Furosemid) geben → Wasser wird ausgeschieden.
- In schweren Fällen: Dialyse (künstliche Blutreinigung).

💡 Beispiel:

Herzpatient mit Atemnot → bekommt Furosemid → Wasser geht über den Urin raus, Atmung bessert sich.



Merksätze für das Lernen

🧠 „Iso = gleich, Hypo = zu wenig, Hyper = zu viel“

💧 „Natrium zieht Wasser an – wie ein Magnet!“

⚡ „Viel Salz trocknet, wenig Salz macht Wasserstau in den Zellen!“



Übungsfragen

1. Was bedeutet Dehydratation?
 2. Welche drei Arten der Dehydratation gibt es?
 3. Nenne typische Symptome bei Wassermangel.
 4. Was passiert bei einer Hypertone Dehydratation?
 5. Welche Formen der Hyperhydratation gibt es?
 6. Was sind die Hauptsymptome bei Überwässerung?
 7. Warum ist eine Hypotone Hyperhydratation so gefährlich?
 8. Welche Therapie hilft bei Dehydratation und bei Hyperhydratation?
-



Zusammenfassung

- Wasser- und Salzhaushalt müssen im Gleichgewicht bleiben.
- Zu wenig Wasser: Kreislauf schwach, Haut trocken, Schockgefahr.
- Zu viel Wasser: Ödeme, Atemnot, hoher Blutdruck.
- Immer Wasser und Salz gemeinsam ausgleichen, nicht nur Wasser!
- Besonders gefährdet: Ältere, Kranke, Menschen mit Durchfall oder Fieber.

💡 Merke:

Der Körper ist wie ein Aquarium – stimmt das Wasser nicht, geht alles durcheinander. 



Quelle

AMBOSS – [Wasser- und Elektrolythaushalt \(DE\)](#)

Störungen des Wasser- und Natriumhaushalts!

Synonyme

Dehydratation: Dehydration, Hypohydratation, Austrocknung, Exsikkose

Hyperhydratation: Überwässerung

Definitionen

Veränderungen des Natriumhaushalts ziehen immer auch Veränderungen des Wasserhaushalts nach sich, daher stehen auch bei primären Osmolaritätsproblemen die Symptome einer De- oder Hyperhydratation im Vordergrund.

Bei einer **Dehydratation** ist die Flüssigkeitsmenge im Körper reduziert, bei einer **Hyperhydratation** erhöht. Beide Begriffe beziehen sich auf das Gesamtkörperwasser. Hingegen beschreiben die Begriffe **Hypovolämie** bzw. **Hypervolämie** eine Erniedrigung bzw. Erhöhung des Flüssigkeitsvolumens im Gefäßsystem (Intravasalraum).

Von **Hyponatriämie** spricht man bei einer Na^+ -Konzentration im Serum $< 135 \text{ mmol/l}$, bei einer Konzentration $> 145 \text{ mmol/l}$ von einer **Hypernatriämie**.

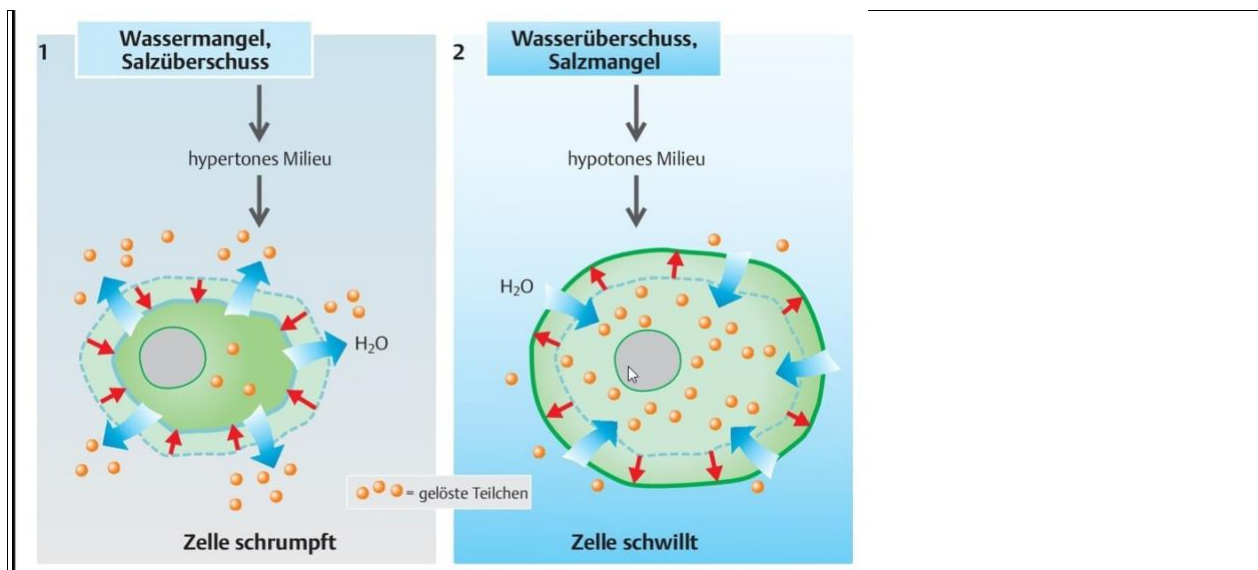
Risikogruppen

Kinder und alte Menschen haben ein deutlich **erhöhtes Risiko für eine Dehydratation**:

- **Kinder** verlieren mehr Flüssigkeit als Erwachsene: Zum einen sind ihre Nieren nicht voll funktionsfähig (verhältnismäßig höhere Wasserausscheidung als bei Erwachsenen), zum anderen ist die Körperoberfläche im Verhältnis zum Körpergewicht im Vergleich zu Erwachsenen 2- bis 3-mal größer. Kinder haben einen höheren Körperwasseranteil (ca. 75 %) als Erwachsene (ca. 60 %). Daher ist auch der **Erhaltungsbedarf des Wasser-Elektrolyt-Haushalts erhöht**: Säuglinge nehmen täglich 1/6 ihres Körpergewichts an Wasser auf, Erwachsene hingegen weniger als 1/20! Kinder benötigen also prozentual gesehen deutlich mehr Wasser als Erwachsene. Daher führt ein Magen-Darm-Infekt mit Durchfall und/oder Erbrechen häufiger als bei Erwachsenen zu einer **Dehydratation** oder unbehandelt bis hin zum Volumenmangelschock oder zum Tod.
- Bei **alten Menschen** fällt der Gesamtkörperwasseranteil von ca. 70 % bei jungen Erwachsenen auf etwa 50 % ab, was die Gefahr einer Exsikkose erhöht. Zusätzlich ist das Durstgefühl alter Menschen häufig reduziert und sie trinken zu wenig.

Übersicht

Im Verhältnis zum Wasserangebot kann der Na^+ -Gehalt im Serum normal (isoton), erhöht (hyperton) oder vermindert (hypoton) sein.



Wasserabgabe und -aufnahme der Zelle (aus: Silbernagl, Despopoulos, Draguhn, Taschenatlas Physiologie, Thieme 2018).

Störungen des Natrium- und Wasser-Haushalts.

Hydratationszustand	Osmolalität	Flüssigkeit außerhalb	Flüssigkeit innerhalb	Na^+ -Konzentration (extrazellulär)	Ursachen (Beispiele)

		lb der Zellen	b der Zellen		
Dehydratation	isoton	↓	↔	↔ (gleich intrazellulär)	Erbrechen, Durchfall, Verbrennungen, Blutverlust
	hyperton	↓	↓	↑	diabetisches Koma, Dursten, Schwitzen, hohes Fieber
	hypoton	↓	↑	↓	Nebennierenrindeninsuffizienz, teilweiser Volumenausgleich mit kochsalzfreiem Wasser nach erheblichen Flüssigkeitsverlusten, chronisches Erbrechen, Einnahme von Diuretika
Normohydration	isoton	↔	↔	↔	Normalzustand
Hyperhydratation	isoton	↑	↔	↔ (gleich intrazellulär)	Herzinsuffizienz, Infusionstherapie mit isotoner Kochsalzlösung, Leberzirrhose, Niereninsuffizienz
	hyperton	↑	↓	↑	Hyperaldosteronismus (Überfunktion der Nebennierenrinde), hyperosmolare Infusionstherapie
	hypoton	↑	↑	↓	Niereninsuffizienz, Trinken von destilliertem Wasser, Glukose-Infusionen

Pathophysiologie – Dehydratation

Isotone Dehydratation

Die Ursache ist ein übermäßiger Flüssigkeitsverlust oder eine mangelnde Flüssigkeitszufuhr, wobei der Gehalt an osmotisch wirksamen Teilchen (v.a. Na^+) in gleichem Maße vermindert ist. Das extrazelluläre Flüssigkeitsvolumen nimmt ab, der Flüssigkeitsgehalt der Zellen bleibt vorerst unverändert. Typische Ursachen sind z.B. Durchfall, Erbrechen oder starke Blutungen.

Hypertone Dehydratation

Eine typische Ursache ist die diabetische Ketoazidose: Aufgrund der hohen Blutglukosekonzentration geht osmotisch wirksame Glukose in den Urin über, wodurch große Wassermengen verlorengehen, jedoch relativ wenig Na^+ . Die relativ erhöhte Na^+ -Konzentration zieht Wasser aus dem Intrazellulärraum. Die Folge ist eine Zellschrumpfung bei gleichzeitigem extrazellulärem Volumenmangel.

Hypotone Dehydratation

Der Na^+ -Mangel ist ausgeprägter als der Wassermangel, sodass Wasser aus dem Extra- in den Intrazellulärraum verschoben wird. Die Folge ist eine Zellschwellung bei gleichzeitigem extrazellulärem Volumenmangel. Dies geschieht z.B., wenn bei einer isotonen Dehydratation ein Flüssigkeitsausgleich mit zu geringem Salzanteil versucht wird (z.B. ausschließliches Trinken von Wasser ohne Elektrolytzusätze bei starkem Durchfall).

Pathophysiologie – Hyperhydratation

Isotone Hyperhydratation

Die Ursache ist eine Überwässerung des Körpers durch übermäßige Flüssigkeitszufuhr oder verminderte Ausscheidung (z.B. bei chronischer Niereninsuffizienz, Herzinsuffizienz). Die Konzentration osmotisch wirksamer Teilchen (v.a. Na^+) nimmt in gleichem Maße zu. Das extrazelluläre Flüssigkeitsvolumen nimmt zu, intrazellulär kommt es vorerst nicht zu Veränderungen.

Hypertone Hyperhydratation

Diese seltene Störung ist meistens die Folge einer hyperosmolaren Infusionstherapie: Die relativ erhöhte Na^+ -Konzentration zieht Wasser aus dem Intrazellulärraum. Die Folge ist eine Zellschrumpfung bei gleichzeitigem extrazellulärem Volumenüberschuss.

Hypotone Hyperhydratation

Eine typische Ursache ist die Infusion von Glukose-Lösungen, insbesondere bei Funktionsstörungen der Nieren. Enthält die Infusion außer Glukose zudem keine Elektrolyte, so bleibt nach Aufnahme der Glukose in die Zellen praktisch nur Wasser übrig. Der osmotische Gradient treibt dieses aus dem Extrazellulärraum nach intrazellulär. Die Folge ist eine Zellschwellung bei gleichzeitigem extrazellulärem Volumenüberschuss.

Achtung:

Versuchen Sie **niemals**, eine **Hypoglykämie** durch die **Infusion von Glukose 5 %** auszugleichen! Die Umverteilung des Wassers nach intrazellulär kann ein Hirnödem und damit den Tod des Behandelten nach sich ziehen! Eine i.v.-Substitution von Glukose erfolgt ausschließlich mit Glukose 20 % oder 40 %.

Symptome – Dehydratation

Folgende Symptome weisen auf eine fortgeschrittene Dehydratation hin:

- **Durst**
- **trockene Haut und Schleimhäute**, borkige Zunge
- **Stehenbleiben von Hautfalten**, die durch Zug an der Haut (z.B. am Handrücken, Unter- oder Oberarm) erzeugt werden
- **reduzierte Harnproduktion (Oligurie)** bis hin zur Anurie
- eingefallene, halonierte Augen
- **Kopfschmerzen, Konzentrationsstörungen**, Benommenheit, Krampfanfälle, Koma
- arterielle Hypotonie und Tachykardie, letztlich hypovolämischer Schock



„Stehende“ Hautfalten als Hinweis auf eine Dehydratation: Verstreichen Hautfalten nach dem Abheben nicht von allein wieder, ist von einem deutlichen Flüssigkeitsmangel (Exsikkose) auszugehen, z.B. als Folge von Fieber, Durchfall, erhöhter Harnmenge, starkem Schwitzen und/oder mangelnder Flüssigkeitszufuhr (aus: I care Pflege, Thieme, 2020).

Symptome – Hyperhydratation

Hinweiszeichen auf eine Hyperhydratation:

- Gewichtszunahme
- Lungenödem mit Dyspnoe und feuchten Rasselgeräuschen
- obere Einflusstauung
- Aszites
- arterielle Hypertonie
- Kopfschmerzen, Krampfanfälle, Koma

Therapie

Nach Möglichkeit wird die Ursache behandelt.

Dehydratation

Bei Hinweisen auf einen hypovolämischen Schock werden die Patient*innen in **Schocklagerung** gebracht. Bei leichter Dehydratation wird versucht, die Flüssigkeits- und Elektrolytverluste oral auszugleichen. Bei fortgeschrittener Dehydratation wird zum Ausgleich des Wasser- und Elektrolytverlusts eine i.v.-Volumentherapie mit balancierten Vollelektrolytlösungen (VEL) durchgeführt.

Achtung:

Bei Patient*innen mit **chronischer Niereninsuffizienz** oder **Hyperkaliämie** dürfen wegen der Gefahr einer Kaliumüberladung mit bedrohlichen Herzrhythmusstörungen keine VEL verwendet werden, sondern nur **NaCl 0,9 %!**

Hyperhydratation

Bei chronischer Niereninsuffizienz kann eine Nierenersatztherapie notwendig sein. Diuretika wie Furosemid erhöhen die Wasserausscheidung über die Nieren.

H 2022 - 1.1

1.1 Vor allem alte Menschen und Kinder haben ein erhöhtes Risiko, eine Dehydratation zu entwickeln. Für die therapeutische Begleitung dieser Patient*innen sollten Sie mit den Warnhinweisen vertraut sein.

Welche der folgenden Symptome können auf eine Dehydratation hinweisen?

1. Trockenheit der Mundschleimhaut
2. Durst
3. Kopfschmerzen und Konzentrationsstörungen
4. Oligurie
5. stehende Hautfalten

Focus Reset

(A)

Nur die Aussagen 1 und 2 sind richtig.

(B)

Nur die Aussagen 1, 3 und 4 sind richtig.

(C)

Nur die Aussagen 2, 4 und 5 sind richtig.

(D)

Nur die Aussagen 1, 2, 3 und 4 sind richtig.

E) Alles in diesem Bucket list ist korrekt .

(

E)

Alle Aussagen sind richtig.

Hypokalziämie !

Synonym

Hypokalzämie

Definition

Bei einer Hypokalzämie liegt die Gesamtkonzentration von Kalzium im Blut $< 2,2 \text{ mmol/l}$ bzw. die des biologisch aktiven ionisierten Anteils $< 1,1 \text{ mmol/l}$.

Ursachen

Folgende wichtige Ursachen sollten Sie kennen:

- **Hypoparathyreoidismus** (Unterfunktion der Nebenschilddrüsen): Die Nebenschilddrüsen schütten zu wenig Parathormon (PTH) aus, am häufigsten als Folge einer versehentlichen Entfernung der Organe im Rahmen einer Schilddrüsenoperation.
- **Vitamin-D-Mangel**, z.B. als Folge einer chronischen Niereninsuffizienz oder einer Leberzirrhose
- **Alkalose** (Anstieg des pH-Werts im Blut): Kalzium liegt im Blut normalerweise nur zu ca. 50 % als freies, ionisiertes Ca^{2+} vor, also in biologisch aktiver Form. Der Rest ist u.a. an Proteine gebunden. Eine Alkalose verstärkt diese Proteinbindung des Kalziums, wodurch dieses nicht mehr für seine biologischen Funktionen zur Verfügung steht.
 - **Hyperventilationssyndrom**: Die Atmung der Betroffenen ist zu schnell und tief, wodurch sie übermäßig viel CO_2 abatmen und die CO_2 -Konzentration im Blut abfällt (Hypokapnie). CO_2 spielt eine wichtige Rolle im Säure-Basen-Haushalt des Körpers, bei einer Hypokapnie steigt der pH-Wert an (Alkalose).
 - **Verlust von saurem Magensaft durch massives Erbrechen**
 - **Conn-Syndrom** (erhöhte Aldosteronspiegel): Aldosteron erhöht die Kalium- und reduziert die Natrium- und Wasserausscheidung über die Nieren. Als Folge des reduzierten Kaliumspiegels strömen vermehrt Wasserstoffionen in die Zellen ein und es resultiert eine metabolische Alkalose.

- Medikamente, insbesondere **Schleifendiuretika** (z.B. Furosemid - Lasix®): Diese entwässernden Substanzen erhöhen die Kalziumausscheidung über die Nieren und können daher eine Hypokalzämie auslösen.
 - **Achtung:** Thiaziddiuretika (z.B. Hydrochlorothiazid - Esedrix®) reduzieren die Kalziumausscheidung in der Niere und können daher eine Hyperkalzämie auslösen!

Symptomatik

Häufig sind die Betroffenen **asymptomatisch**.

Bei stärker ausgeprägter Hypokalzämie kann sich eine **hypokalzämische Tetanie** mit folgenden Symptomen entwickeln:

- **Gefühlsstörungen** (Parästhesien), typisch: Kribbeln an Armen und Beinen („Ameisenlaufen“)
- Pfötchenstellung der Hände
- Schwindel
- pelziges Gefühl um den Mund bis hin zur sog. Fischmaulstellung
- verstärkte Muskeleigenreflexe
- **Krampfanfälle** bei erhaltenem Bewusstsein, Gefahr eines Stimmlippenkrampfs (Laryngospasmus) mit Erstickern
- **EKG-Veränderungen**, Gefahr von bedrohlichen Herzrhythmusstörungen



Pfötchenstellung bei Tetanie (aus: Baenkler H, Bals R, Goldschmidt H et al., Hrsg. Kurzlehrbuch Innere Medizin. 4. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2021).

Diagnostik

Neben dem Kalzium im Serum sollten auch die Nierenparameter, Vitamin D, Magnesium und Parathormon bestimmt werden.

Therapie

Im Vordergrund steht die **Behandlung der Ursache** (z.B. Substitution von Vitamin D und Kalzium).

Für das Vorgehen bei Hyperventilationssyndrom siehe den entsprechenden Spicker.

Bei deutlich symptomatischen Patient*innen kann akut Calciumglukonat langsam i.v. injiziert werden.

Hyperventilationssyndrom !

Definition

Beim Hyperventilationssyndrom atmen die Betroffenen inadäquat schnell. Dadurch fällt im Blut der CO_2 -Spiegel ab (Hypokapnie), der pH-Wert steigt an (Alkalose) und **es steht nicht ausreichend freies, ionisiertes Kalzium zur Verfügung** (funktionelle Hypokalzämie).

Ursachen

Der Auslöser sind **emotionale Belastungssituationen** bzw. Angst- bzw. Panikattacken: Aus Angst atmen die Betroffenen vermehrt, die daraus resultierenden körperlichen Symptome verstärken wiederum die Angst und die Hyperventilation steigert sich weiter.

Frauen sind deutlich häufiger betroffen als Männer: Am häufigsten sind junge, organisch gesunde Frauen betroffen.

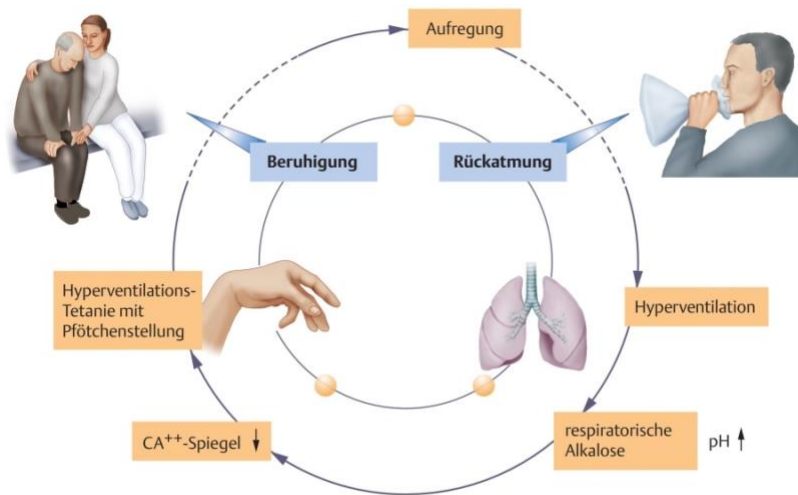
Laut ICD-10 wird das Hyperventilationssyndrom den somatoformen Störungen, speziell der **somatoformen autonomen Funktionsstörung**, zugerechnet.

Pathophysiologie

Durch die **verstärkte Atmung** wird übermäßig viel CO_2 abgeatmet, die CO_2 -Konzentration im Blut fällt ab (**Hypokapnie**). CO_2 spielt eine wichtige Rolle im Säure-Basen-Haushalt des Körpers, bei einer Hypokapnie steigt der pH-Wert an (**Alkalose**).

Dies wiederum hat eine **funktionelle Hypokalzämie** zur Folge: Kalzium liegt im Blut normalerweise nur zu ca. 50 % als freies, ionisiertes Ca^{2+} vor, also in biologisch aktiver Form. Der Rest ist u.a. an Proteine gebunden. Eine Alkalose verstärkt diese Proteinbindung des Kalziums, wodurch dieses nicht mehr für seine biologischen Funktionen zur Verfügung steht.

Kalzium hat wichtige Funktion u.a. im Bereich des Nervensystems und der Muskulatur, in diesen Bereichen sind daher bei Hyperventilation Symptome zu erwarten.

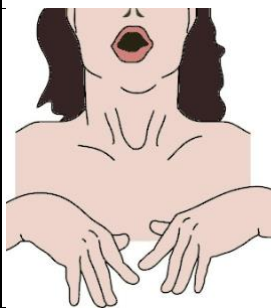


Pathophysiologie des Hyperventilationssyndroms (aus: Lexikon der Krankheiten und Untersuchungen, Thieme, 2008).

Symptomatik

Die Betroffenen sind psychisch erregt und verängstigt, sie sind blass, schwitzen und haben eine beschleunigte Herzfrequenz. Sie atmen sehr viel schneller als normal, weil sie ein subjektives Gefühl von Atemnot und Enge in der Brust oder auch krampfartige Schmerzen im Bereich der Brustwand verspüren.

Die funktionelle Hypokalzämie manifestiert sich als sog. **Hyperventilationstetanie** mit **Gefühlsstörungen** (typisch: Kribbeln an Armen und Beinen: „Ameisenlaufen“), **Pfötchenstellung** der Hände, Schwindel, einem pelzigen Gefühl um den Mund bis hin zur sog. Fischmaulstellung sowie in extremen Fällen mit Bewusstseinsstörungen oder Muskelkrämpfen.



Typische Hand- und Mundstellung bei Hyperventilation (aus: Müller, Thöns, Memorix Kindernotfälle, Thieme, 2009).



Pfötchenstellung der Hand bei Tetanie (aus: Baenkler H, Bals R, Goldschmidt H et al., Hrsg. Kurzlehrbuch Innere Medizin. 4. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2021).

Diagnostik und Differenzialdiagnosen

Hinweisend ist die typische Anamnese mit psychischer Aufregung und Atemnot trotz guter Sauerstoffsättigung. Beweisend ist der Nachweis einer **Hypokapnie** in der **Blutgasanalyse**.

In Frage kommen alle **anderen Ursachen akuter Atemnot**, z.B. Asthma bronchiale, Lungenembolie, Vergiftung, entgleister Diabetes mellitus, Pneumothorax oder akute Herzinsuffizienz: Bei allen diesen Erkrankungen sind jedoch **auffällige Organbefunde** (z.B. stark erhöhter oder erniedrigter Blutdruck, Rasselgeräusche bei der Atmung, Zyanose) nachweisbar.

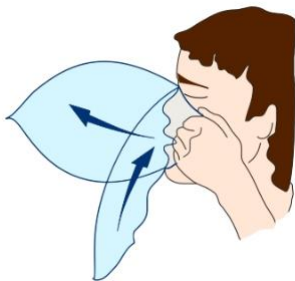
Therapie

In der Akutsituation sollten die Betroffenen beruhigt werden („**Talking Down**“). Hilfreich kann ein **kurzfristiges Rückatmen** in eine Papier- oder Plastiktüte sein, um den CO_2 -Spiegel im Blut zu erhöhen. Selten ist eine medikamentöse Sedierung erforderlich.

Achtung:

Um einen Abfall des Sauerstoffgehalts im Blut (Hypoxämie) zu vermeiden, sollten Sie den Betroffenen in regelmäßigen Abständen auch **immer wieder Umgebungsluft einatmen** lassen!

Atemkommandos bei Hyperventilation (aus: retten - Notfallsanitäter. Stuttgart: Thieme; 2023).



Rückatmung in eine Plastiktüte (aus: Müller, Thöns, Memorix Kindernotfälle, Thieme, 2009).

Im weiteren Verlauf ist abzuklären, ob eine **Angststörung** (z.B. Panikstörung, isolierte Phobie) zugrundliegt. Diese sollte dann adäquat psychotherapeutisch behandelt werden.

Auch bei Hyperventilation ohne eindeutige Grunderkrankung kann es sinnvoll sein, wenn die Betroffenen **Entspannungsübungen** erlernen, um weitere „Anfälle“ zu vermeiden.

Hyperkalziämie !

Synonym

Hyperkalzämie

Definition

Bei einer Hyperkalzämie liegt die Gesamtkonzentration von Kalzium im Blut $> 2,7 \text{ mmol/l}$ bzw. die des biologisch aktiven ionisierten Anteils $> 1,3 \text{ mmol/l}$.

Häufigkeit

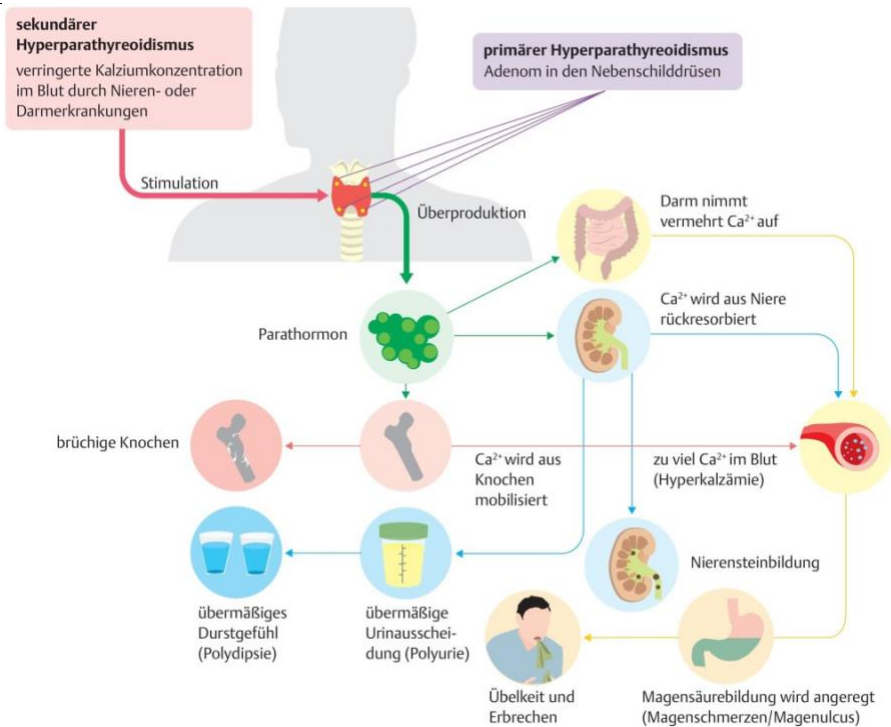
Etwa 1–1,5 % der Bevölkerung haben eine Hyperkalzämie. Frauen sind 3- bis 4x häufiger betroffen. Die Häufigkeit steigt mit dem Lebensalter.

Ursachen

Folgende wichtige Ursachen sollten Sie kennen:

- **primärer Hyperparathyreoidismus** (Überfunktion der Nebenschilddrüsen): Die Nebenschilddrüsen schütten zu viel Parathormon (PTH) aus, und zwar aufgrund

eines Problems in den Nebenschilddrüsen selbst (z.B. gutartiger Tumor). Dadurch steigt der Kalziumspiegel im Blut an.



Pathophysiologie des primären und sekundären Hyperparathyreoidismus (aus: I care Krankheitslehre. 3. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2025).

- **Bösartige Tumoren** können über verschiedene Mechanismen den Kalziumspiegel erhöhen:
 - **paraneoplastische Hyperkalzämie:** Der Tumor (häufig: Bronchialkarzinom) schüttet Substanzen aus, die ähnliche biologische Effekte wie Parathormon haben.
 - **osteolytische Hyperkalzämie** (z.B. bei Mammakarzinom): Der Tumor bildet Knochenmetastasen, die über Botenstoffe zu einer fleckenartigen Auflösung der gesunden Knochensubstanz führen.
 - **Synthese von Vitamin D in den Tumorzellen** (z.B. bei bösartigen Lymphomen)
- **Medikamente:**
 - **Überdosierung von Vitamin D**
 - **Entwässerungsmittel** aus der Gruppe der **Thiaziddiuretika** (z.B. Hydrochlorothiazid - Esedrix®) erhöhen in der Niere die Ausscheidung von Natrium und Wasser, hemmen aber gleichzeitig die Ausscheidung von Kalzium. In der Folge steigt der Kalziumspiegel im Blut an.

- **Achtung:** Schleifendiuretika (z.B. Furosemid - Lasix®) erhöhen die Kalziumausscheidung in der Niere und können daher eine Hypokalzämie auslösen!

- **Immobilisation:** Der Körper versucht immer, energetisch so effizient wie möglich zu arbeiten. Daher werden Gewebe unter verminderter Belastung verstärkt abgebaut. Eine Immobilisation führt somit zu einer Abnahme der Knochensubstanz, da der Stützapparat nicht mehr ausreichend belastet wird und damit wichtige Wachstumsstimuli für den Erhalt des Knochens ausbleiben. Der Abbau des Knochens führt dabei zum vermehrten Freiwerden von Kalzium aus dem Stützgewebe und damit zu einer Hyperkalzämie.

Achtung:

Eine Hyperkalzämie ist bis zum Beweis des Gegenteils immer als **Hinweis auf einen bösartigen Tumor** zu werten und sollte entsprechend abgeklärt werden!

Symptomatik

Etwa die Hälfte der Betroffenen zeigt keine oder nur **unspezifische Symptome** (z.B. Müdigkeit).

Bei stärker ausgeprägter Hyperkalzämie fallen häufig folgende Symptome auf:

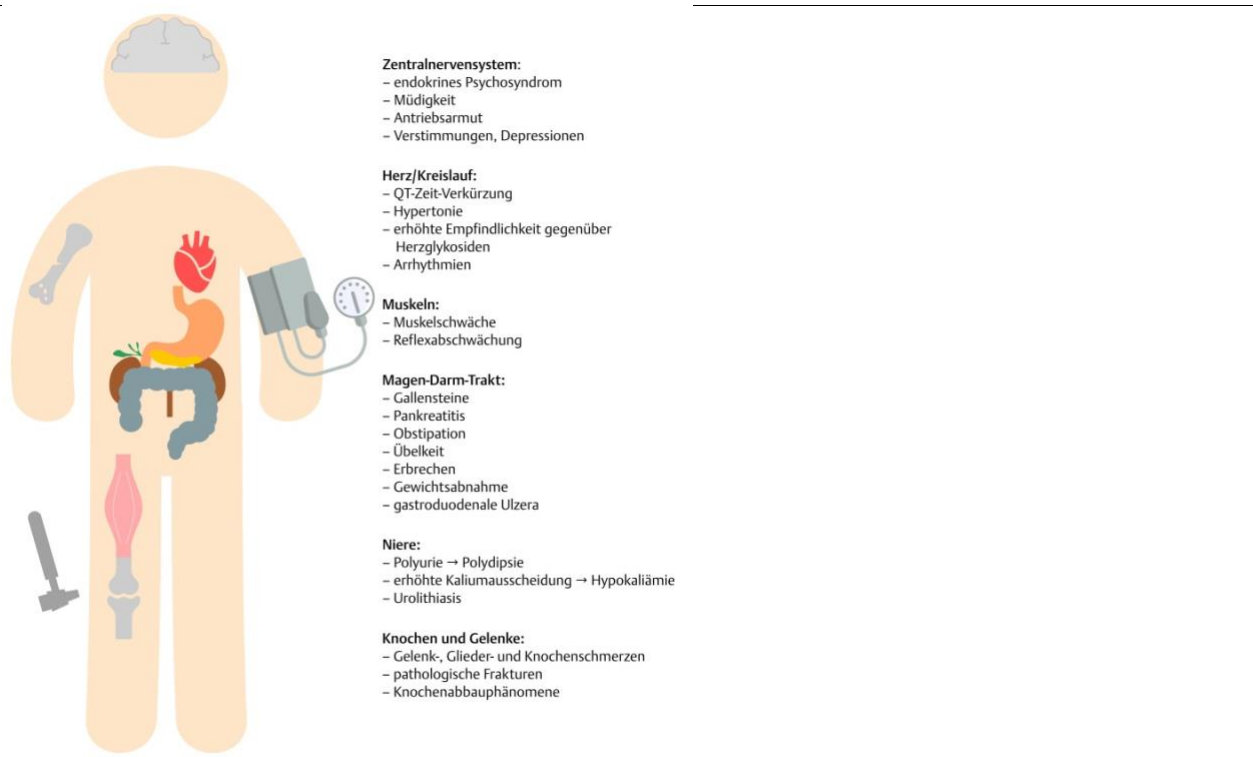
- Knochen-, Glieder- und Gelenkschmerzen

muskuläre Schwäche bis hin zu scheinbaren Lähmungen (Pseudoparalysen), verminderte Reflexaktivität

- erhöhte Urinausscheidung (**Polyurie**), einhergehend mit einer erhöhten Trinkmenge (**Polydipsie**)
- erhöhtes Risiko für **Nierensteine**
- Verkalkungen des Nierengewebes mit Abnahme der Nierenfunktion (Nephrokalzinose)
- **Herz:** EKG-Veränderungen, Gefahr bedrohlicher Herzrhythmusstörungen
- **Magen-Darm-Beschwerden:** Übelkeit, Erbrechen, Verstopfung, selten Pankreatitis
- **psychische Veränderungen:** Depression, Schläfrigkeit, psychotische Symptome

Merke:

Das (eher seltene) Vollbild einer chronischen Hyperkalzämie wird auch als **Stein-Bein-Magen-
Pein** bezeichnet.



Symptomatik bei primärem Hyperparathyreoidismus.

Diagnostik

Neben dem Kalzium im Serum sollten auch die Nierenparameter, Vitamin D und Parathormon bestimmt werden.

Wichtig ist eine umfassende **Tumorsuche** (z.B. Röntgen Thorax, Sonografie des Abdomens).

Komplikation: Hyperkalzämische Krise

Eine ausgeprägte Hyperkalzämie kann zu einer lebensgefährlichen **hyperkalzämischen Krise** führen: Die Körpertemperatur der Patient*innen steigt bedrohlich an, sie trocknen aus und sind durch Herzrhythmusstörungen, ein akutes Nierenversagen und Bewusstseinsstörungen bis hin zum Koma gefährdet. Trotz intensivmedizinischer Therapie versterben bis zu 50 % der Betroffenen!

Therapie

Im Vordergrund steht die **Behandlung der Ursache** (z.B. Entfernung des Tumors). Symptomatisch kann die Kalziumausscheidung durch Schleifendiuretika gesteigert werden

(**forcierte Diurese**). **Bisphosphonate** hemmen den Kalziumabbau in den Knochen und kommen v.a. bei tumorinduzierter Hyperkalzämie zum Einsatz.

Bei einem primären Hyperparathyreoidismus wird meistens operativ vorgegangen.

Hypokaliämie !!

Definition

Eine Hypokaliämie ist definiert als eine auf unter 3,6 mmol/l erniedrigte Konzentration von Kalium im Serum.

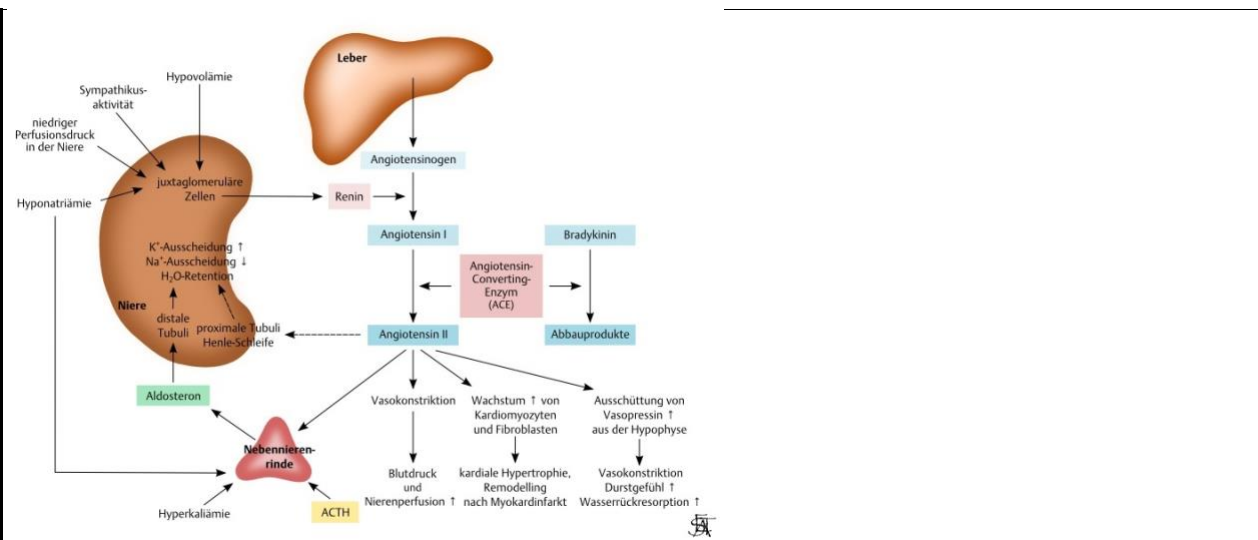
Überblick zur Physiologie

Kalium (K^+) kommt v.a. innerhalb der Zellen vor (**Intrazellulärraum**): Die Na^+/K^+ -ATPase in der Membran aller Körperzellen „pumpt“ ständig K^+ in die Zellen hinein bzw. Na^+ aus den Zellen heraus. Dies ist u.a. für die Aufrechterhaltung des Membranpotenzials und damit für eine Vielzahl an Zellfunktionen entscheidend.

Kalium hat eine wichtige Rolle in der **Erregungsbildung und -weiterleitung** im Nervensystem und im Herzen. Bei einer Azidose (Abfall des pH-Werts = Anstieg der H^+ -Ionen-Konzentration im Blut) wird K^+ im Austausch gegen H^+ vermehrt nach extrazellulär, also auch ins Blut verschoben.

Kaliumreiche Nahrungsmittel sind z.B. Bananen, Aprikosen, Blumenkohl, Broccoli, Kartoffeln, Hülsenfrüchte, Nüsse, Trockenfrüchte und Tomaten.

Der Kaliumhaushalt wird v.a. über die **Ausscheidung von K^+ über die Nieren** reguliert. Entscheidend ist hier das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System: Unter anderem bei einem Anstieg des Kaliumspiegels im Blut steigt die Ausschüttung von Aldosteron aus der Nebennierenrinde an, das u.a. die Ausscheidung von K^+ in den Nieren erhöht.



Überblick über das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System.

Ursachen

Die häufigsten Ursachen der Hypokaliämie sind die **Einnahme von harntreibenden Medikamenten** (Diuretika, v.a. die Gruppe der Thiazid- und der Schleifendiuretika) mit erhöhten Kaliumverlusten über die Nieren sowie Kaliumverluste über den Verdauungstrakt, insbesondere bei chronischem und/oder schwerem **Durchfall** (Diarrhö), **Erbrechen** und missbräuchlicher Einnahme von **Abführmedikamenten** (Laxanzienabusus). Gefährdet sind auch Patient*innen mit Essstörungen, insbesondere bei wiederholtem Erbrechen im Rahmen einer Bulimia nervosa oder einer Anorexia nervosa.

Eher selten ist die **Kaliumaufnahme** über die Nahrung zu gering, am ehesten bei **Mangelernährung** im Rahmen einer Anorexia nervosa oder eines Alkoholismus.

Erhöhte Werte des Mineralokortikoids Aldosteron im Rahmen einer **Nebennierenrindenüberfunktion** sowie auch erhöhte Kortisolwerte im Rahmen eines **Cushing-Syndroms** oder bei Einnahme von **Glukokortikoiden** steigern die Kaliumausscheidung über die Nieren. Kaliumverluste über den Verdauungstrakt können auch die Folge von Darmfisteln oder der Anlage einer Magensonde sein.

Eine weitere wichtige Ursache ist eine **Verteilungshypokaliämie**, wenn Kalium aus dem Blut in die Zellen verlagert wird: Dies ist v.a. bei der Insulintherapie eines Coma diabeticum sowie bei **metabolischen Alkalosen** (erhöhter pH-Wert im Blut durch einen erhöhten Verlust von H⁺-Ionen über die Nieren) relevant.



Wichtige Ursachen einer Hypokaliämie.

Pathophysiologie

Was passiert bei einer Hypokaliämie im Herz?

Bei einem Abfall des Kaliumspiegels wird das Ruhemembranpotenzial im Erregungsleitungssystem und am Arbeitsmyokard paradoxerweise positiver und die Erregbarkeit der Zellen nimmt zu. Dies liegt daran, dass die Leitfähigkeit der für die Aufrechterhaltung des Ruhemembranpotentials erforderlichen K^+ -Kanäle bei Hypokaliämie abnimmt und andere Ionenkanäle bei der Bildung des Ruhemembranpotentials dadurch an Einfluss gewinnen. Die Entstehung ektopter Erregungen mit Herzrhythmusstörungen wird erleichtert. Am Sinusknoten hingegen führt eine Hypokaliämie zur Hyperpolarisation (Membranpotenzial wird negativer). Es gibt keine K^+ -Kanäle zur Aufrechterhaltung eines Ruhemembranpotenzials. Die Hyperpolarisation fördert die Schrittmacherzellen bei der Bildung spontaner Depolarisationen durch spezielle HCN-Kanäle (v.a. leitfähig für Na^+). Tachykardien sind in der Folge möglich. Im schlimmsten Fall kommt es zum Herz-Kreislauf-Stillstand.

Symptomatik

Eine milde Hypokaliämie (3,0–3,5 mmol/l) bleibt in der Regel unbemerkt. Je schneller sich der Kaliummangel entwickelt und je ausgeprägter er ist, umso deutlicher sind Symptome und Befunde:

Allgemein führt der Kaliummangel zu **Störungen der neuromuskulären Erregbarkeit**. Die Folgen sind Verstopfung, Kraftlosigkeit, Muskelkrämpfe, Muskelschwäche bis hin zu Lähmungen sowie abgeschwächte Muskeleigenreflexe. Auch die Harnblase kann von der Muskelschwäche betroffen sein: Mitunter ist die Harnblasenentleerung unvollständig und damit das Risiko für Harnwegsinfekte erhöht.

Achtung:

Bei längerer Einnahme verursachen **Abführmittel**, die gegen eine Verstopfung eingenommen werden, eine Hypokaliämie und damit eine verstärkte Verstopfung. Die Betroffenen nehmen daher noch mehr von den Abführmitteln ein, die Hypokaliämie verstärkt sich weiter. Letztlich kann sich dies bis zu einem **paralytischen Ileus** (Darmlähmung) steigern!

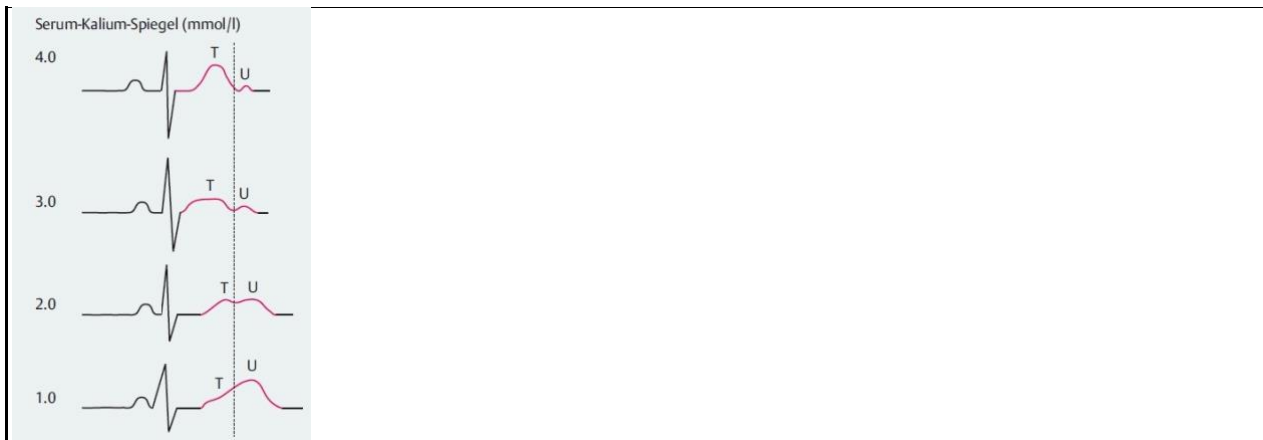
Ein wichtiges, mitunter lebensbedrohliches Symptom sind **Herzrhythmusstörungen**: Typisch sind Extrasystolen oder ein stark beschleunigter, unregelmäßiger Herzschlag (Tachyarrhythmien) bis hin zum Kammerflimmern. Gefährdet sind v.a. Patient*innen, die Herzglykoside wie Digitalis einnehmen, sowie Patient*innen mit koronarer Herzkrankheit, vergrößerter linker Herzkammer oder Herzmuskelentzündungen, aber auch mit Anorexia nervosa. Das Risiko für einen **plötzlichen Herztod** ist erhöht.

Im **EKG** fallen typische **Veränderungen** auf, insbesondere eine sonst nicht sichtbare U-Welle, eine Abflachung der T-Welle, eine Senkung der ST-Strecke und eine Verschmelzung der T- mit der U-Welle.

Merke:

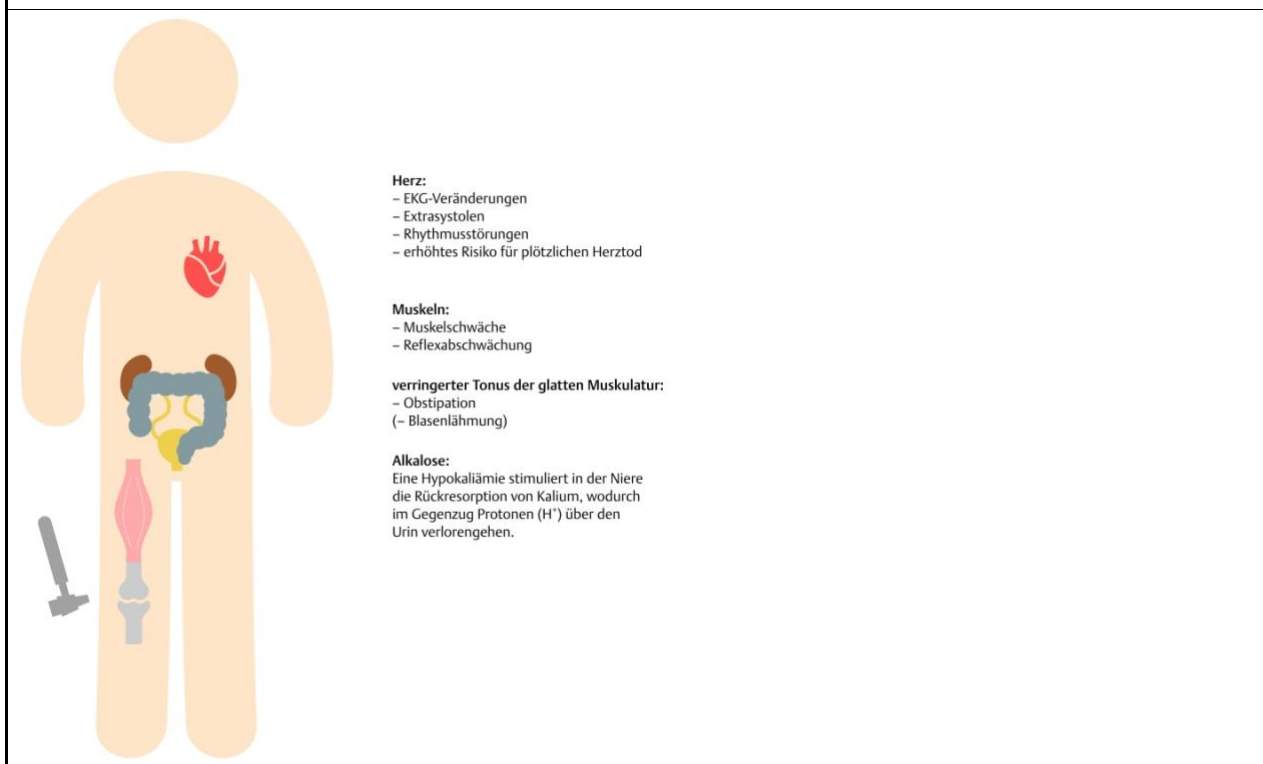
Eselsbrücke zur Abflachung der T-Welle bei Hypokaliämie: „No pot, no tea“ (engl. **potassium** = Kalium).

Der Kaliummangel verursacht außerdem verstärkten **Durst** (Polydipsie) und eine **verstärkte Harnausscheidung** (Polyurie) im Sinne eines renalen Diabetes insipidus. Bei langanhaltender Hypokaliämie können auch Nierengewebsschäden entstehen. Die Ausscheidung von H^+ -Ionen über den Harn steigt an, die Folge ist eine metabolische Alkalose, also ein Anstieg des pH-Werts im Blut.



EKG-Veränderungen bei Hypokaliämie (aus: Trappe H, Schuster H, Hrsg. EKG-Kurs für Isabel. 9. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2024).

Bei bestehendem **Diabetes mellitus** kann eine Hypokaliämie die Insulinausschüttung vermindern und so einen Anstieg des Blutzuckerspiegels mit erhöhtem Risiko für ein diabetisches Koma auslösen.



Symptome und Folgen eines Kaliummangels (Hypokaliämie).

Diagnostik

Die Diagnostik beruht auf der Bestimmung des **Serumkaliums**: Eine Hypokaliämie besteht bei einer auf unter 3,6 mmol/l erniedrigten Konzentration von Kalium im Serum.

Das **EKG** zeigt, ob typische Veränderungen oder Herzrhythmusstörungen vorliegen.

Hinweise auf die Ursache geben die **Anamnese** (z.B. Medikamente, Erbrechen, Durchfall).

Wichtig ist die Bestimmung der **Kaliumkonzentration im Urin**: Eine Konzentration < 20 mmol/l spricht für einen Kaliumverlust über den Magen-Darm-Trakt, eine Konzentration > 20 mmol/l für einen Kaliumverlust über die Nieren. Zur weiteren Abklärung können z.B. noch Aldosteron, Kortisol und andere Werte bestimmt bzw. eine Bildgebung durchgeführt werden.

Therapie

Ist die Ursache der Hypokaliämie die Einnahme von **Schleifen- oder Thiaziddiuretika**, sollten diese Substanzen abgesetzt und ggf. durch kaliumsparende Alternativen (z.B. Triamteren oder Amilorid) ersetzt werden. **Abführmittel sollten ggf. abgesetzt werden.** Bei **Durchfällen oder Erbrechen** als Auslöser müssen diese behandelt werden.

Tipp:

Bei Risikopatient*innen, z.B. unter einer Therapie mit Diuretika, bei Diabetes mellitus, unter Digitalistherapie oder bei bekannten Herzrhythmusstörungen sollte die **Kaliumkonzentration** im Serum **regelmäßig kontrolliert** werden!

Die **symptomatische Therapie** besteht in einer Kaliumgabe:

- Bei **asymptomatischer** Hypokaliämie ist es meist ausreichend, **kaliumreiche Lebensmittel** zu sich zu nehmen, z.B. Bananen, Obstsaften, Aprikosen, Blumenkohl, Broccoli, Tomaten und Kartoffeln.
- Bei **symptomatischer Hypokaliämie** kann die Behandlung mittels **Kaliumchlorid-Brausetabletten** erfolgen, die wegen der Verdünnung bei der Einnahme die Schleimhaut im Magen-Darm-Trakt schonen.
- Bei einer **stärkeren Hypokaliämie** < 2,5 mmol/l und EKG-Veränderungen muss Kalium (vorsichtig!) als Infusion gegeben werden.

Achtung:

- Kalium ruft eine **starke Reizung der Venenwand** hervor, der venöse Zugang muss deshalb „sicher“ liegen und die Infusion soll langsam laufen.
- Bei intravenöser Kaliumzufuhr besteht bei Überdosierung die **Gefahr lebensbedrohlicher Herzrhythmusstörungen**. Die Infusion sollte unter EKG-Überwachung und engmaschiger Kontrolle der Serumkaliumkonzentration erfolgen.

Hyperkaliämie !

Definition

Bei einer Hyperkaliämie liegt Konzentration von Kalium im Serum $> 5 \text{ mmol/l}$.

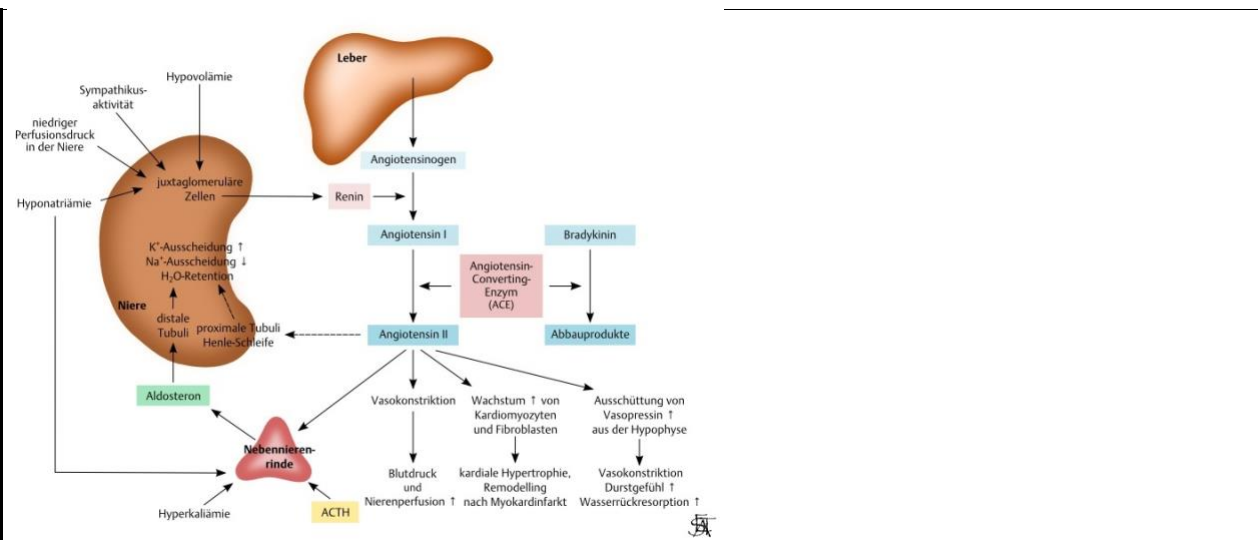
Überblick zur Physiologie

Kalium (K^+) kommt v.a. innerhalb der Zellen vor (**Intrazellulärraum**): Die Na^+/K^+ -ATPase in der Membran aller Körperzellen „pumpt“ ständig K^+ in die Zellen hinein bzw. Na^+ aus den Zellen heraus. Dies ist u.a. für die Aufrechterhaltung des Membranpotenzials und damit für eine Vielzahl an Zellfunktionen entscheidend.

Kalium hat eine wichtige Rolle in der **Erregungsbildung und -weiterleitung** im Nervensystem und im Herzen. Bei einer Azidose (Abfall des pH-Werts = Anstieg der H^+ -Ionen-Konzentration im Blut) wird K^+ im Austausch gegen H^+ vermehrt nach extrazellulär, also auch ins Blut verschoben.

Kaliumreiche Nahrungsmittel sind z.B. Bananen, Aprikosen, Blumenkohl, Broccoli, Kartoffeln, Hülsenfrüchte, Nüsse, Trockenfrüchte und Tomaten.

Der Kaliumhaushalt wird v.a. über die **Ausscheidung von K^+ über die Nieren** reguliert. Entscheidend ist hier das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System: Unter anderem bei einem Anstieg des Kaliumspiegels im Blut steigt die Ausschüttung von Aldosteron aus der Nebennierenrinde an, das u.a. die Ausscheidung von K^+ in den Nieren erhöht.



Überblick über das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System.

Ursachen und Pathophysiologie

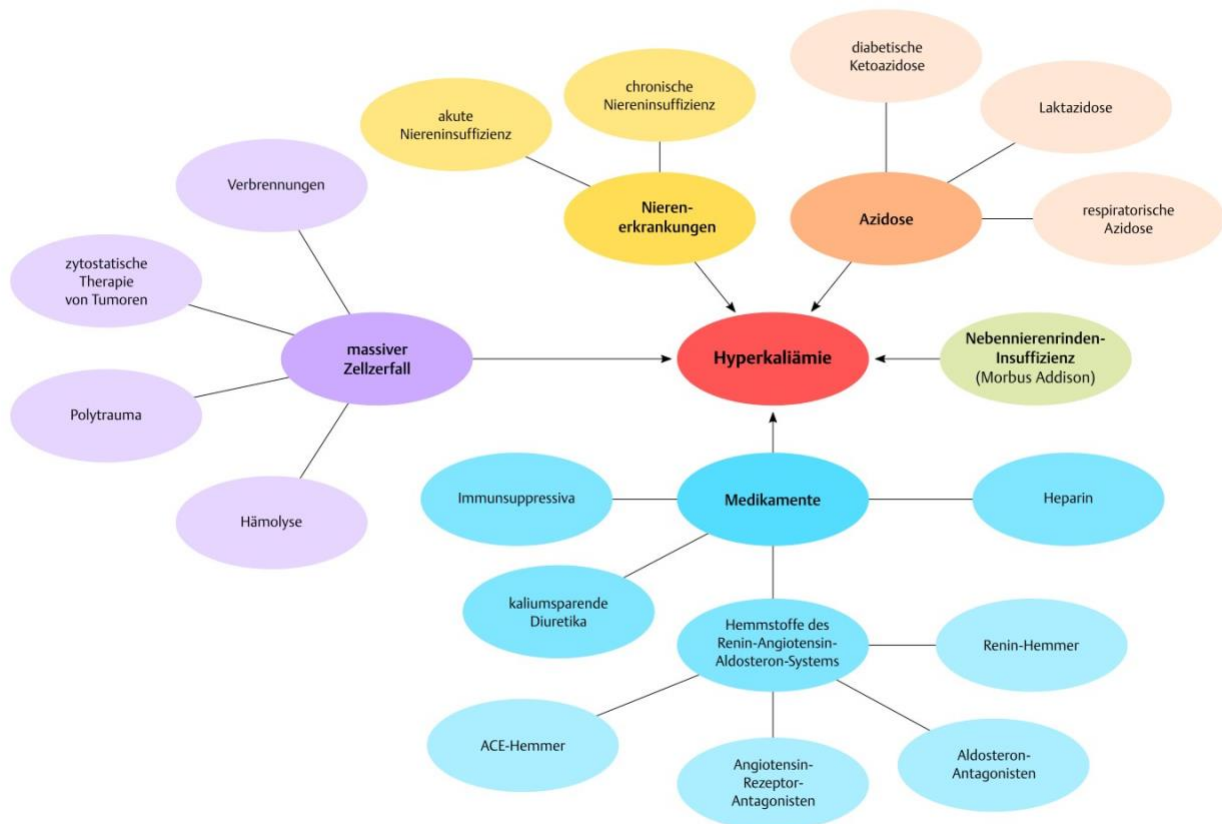
Die wichtigste Ursache für eine Hyperkaliämie sind Einschränkungen der Nierenfunktion, weshalb v.a. **ältere Patient*innen** und Personen mit **Diabetes mellitus** betroffen sind. Zusätzlich nehmen diese häufig Medikamente ein, die eine Hyperkaliämie hervorrufen (z.B. ACE-Hemmer).

Ursachen für eine verminderte Ausscheidung von Kalium über die Nieren:

- akutes Nierenversagen
- **chronische Niereninsuffizienz**, insbesondere bei kaliumreicher Ernährung
- Einnahme von Medikamenten, die die Kaliumausscheidung hemmen:
 - Hemmstoffe des Renin-Angiotensin-Aldosteron-Systems: ACE-Hemmer (z.B. Lisinopril), Angiotensinrezeptor-Antagonisten (z.B. Candesartan), Renin-Hemmer, **Aldosteron-Antagonisten (z.B. Spironolacton)**
 - sog. kaliumsparende Diuretika (z.B. Triamteren)
 - Heparin
 - Immunsuppressiva
- Nebennierenrinden-Insuffizienz (Morbus Addison) mit verringerter Ausschüttung von Aldosteron

Ursachen für eine Verschiebung von K⁺ aus dem Intra- in den Extrazellulärraum, also aus den Zellen in das Blut:

- Azidose, z.B. bei diabetische Ketoazidose (niedrige Aktivität der Na⁺/K⁺-ATPase)
- massiver Zellzerfall, z.B. bei Polytrauma, **Hämolyse** oder Verbrennungen



Häufige Ursachen einer Hyperkaliämie.

Was passiert bei einer Hyperkaliämie im Herzen?

Initial wird das Ruhemembranpotenzial der Herzmuskelzellen bei einem Anstieg des Kaliumspiegels positiver und die Erregbarkeit der Zellen am Herzen nimmt zu (Schwellenwert wird schneller erreicht). Bei zunehmender Hyperkaliämie nimmt durch die refraktärbedingte Blockade der schnellen Na^+ -Kanäle die Erregbarkeit wieder ab. Das erforderliche negative Ruhemembranpotenzial zur Reaktivierung der Na^+ -Kanäle kann nicht mehr erreicht werden. Im schlimmsten Fall resultiert eine Asystolie (Herzstillstand bzw. Kardioplegie).

Symptomatik und Diagnostik

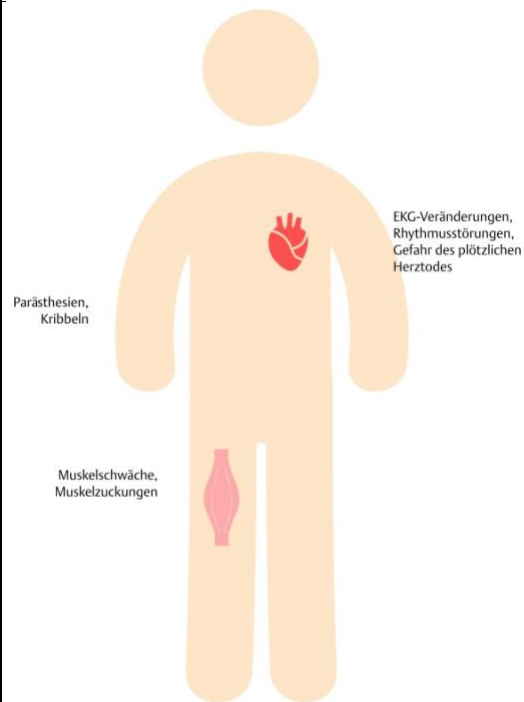
Symptome sind erst bei ausgeprägter Hyperkaliämie zu erwarten (keine Frühsymptome!) und betreffen v.a. das Nervensystem, die Muskulatur und das Herz:

- **Nervensystem und Muskeln:** Parästhesien (periorales „Ameisenlaufen“, pelzige Zunge), Muskelzuckungen, Muskelschwäche bis hin zu schlaffen Lähmungen, paralytischer Ileus (Darmlähmung) mit Übelkeit und Erbrechen
- **Herz:** verschiedene Herzrhythmusstörungen, letztlich Tod durch Kammerflimmern oder Asystolie

Beachte:

Eine Kaliumkonzentration $> 6 \text{ mmol/l}$ ist aufgrund der Gefahr von Herzrhythmusstörungen **akut lebensgefährlich!**

Im **EKG** können typische Veränderungen auffallen. Der Verdacht wird durch die **Bestimmung der Kaliumkonzentration im Blut** erhärtet.



Typische Symptome bei Hyperkaliämie.

Therapie

Die Therapie umfasst folgende Aspekte:

1. **Beseitigung der Ursache der Hyperkaliämie:** z.B. Therapie eines Coma diabeticum, Absetzen auslösender Medikamente, Stoppen der Kaliumzufuhr
2. **medikamentöse Reduktion des Serumkaliumspiegels:** z.B. mit Schleifendiuretika i.v., Glukose + Insulin als Infusion oder Hämodialyse