

## Anhang

### Wasservergiftung – Wissenschaft

(Markierungen RZ)

#### Theoretische Vorhersagen einer Wasservergiftung

Die Kalkulation für einen Mensch mit 75 kg Körpergewicht bei Zufuhr von 2 Liter reinen Wassers in kurzer Zeit ergab (s. Beitrag) eine Hypo-Osmolalität von 276 mosmol/kg H<sub>2</sub>O. Die Messung der Natrium-Konzentration des Plasmas würde dann mit 136 statt normal 142 mmol/l ausfallen oder 134 bei normal 140 mmol/l. Bei 5 l zugeführtem Flüssigkeitsvolumen wären da dann 127 mmol/l ( $140 \times 15 = 126 \times 50 \times 0,33$ ). Im BMJ (2021) wird eine vergleichbare physiologische Berechnung beschrieben, dass eine Zunahme von ~ 5,1 l Gesamtkörperwasser erforderlich ist, um das Serumnatrium von 140 mmol/L auf eine schwere biochemische Hyponatriämie von 125 mmol/l zu senken.

Zum Vergleich werden im Folgenden eine Literaturübersicht  
sowie weitere Daten zum Thema Wasservergiftung angeboten.

**Literaturübersicht:** In einer systematischen Übersicht von Rangan et al. in 2021 wird über die orale Wasseraufnahme von Erwachsenen mit der Folge einer Hyponatriämie berichtet.

#### Einleitung

Eine übermäßige Wasseraufnahme ist selten mit einer lebensbedrohlichen Hyponatriämie verbunden. Ziel dieser Studie war es, die klinischen Merkmale und Folgen einer Hyponatriämie im Zusammenhang mit übermäßiger Wasseraufnahme zu ermitteln.

#### Methoden

Alle Studien (Fallberichte, Beobachtungs- oder Interventionsstudien), die übermäßige Wasseraufnahme und Hyponatriämie bei Erwachsenen (1946-2019) berichtet haben. 2970 Artikel einbezogen, 177 mit 590 Patienten eingeschlossen. Durchschnittsalter  $46 \pm 16$  Jahre. Die mittlere Wassermenge und der Serumnatriumspiegel betragen bei der Vorstellung 8 l/Tag bzw. 118 mmol/L.

Der Grund für den erhöhten Wasserkonsum waren psychogene Polydipsie (55 %), iatrogene Polydipsie (13 %), Sport (12 %), Polydipsie (7 %) und andere Gründe (13 %).

Die klinischen Merkmale bei der Vorstellung waren in 53 % schwer (Krampfanfälle, Koma), in 35 % mittelschwer (Verwirrung, Erbrechen, Unruhe) und in 5 % leicht (Schwindel, Lethargie, kognitive Defizite); in 5 % der Studien keine Angaben. In 13 % der Fälle trat der Tod ein.

#### Schlussfolgerung

Wasserintoxikation ist mit erheblicher Morbidität und Mortalität verbunden. Sie tritt auf, wenn die orale Aufnahme von lösungsfreier Flüssigkeit pro Zeiteinheit die Kapazität der Niere zur Wasserausscheidung (0,8-1,0 l pro Stunde) übersteigt, was zu einer hypo-osmolaren Hyponatriämie führt. Die klinischen Symptome der Wasserintoxikation hängen vom Schweregrad der Hyponatriämie ab und reichen von Kopfschmerzen, Übelkeit, Verwirrtheit und Krampfanfällen bis hin zum Tod aufgrund eines Hirnödems.

Ursachen für eine Wasserintoxikation: Situationsbedingte Umstände (Soldaten, die bei heißem Wetter anstrengende Arbeiten verrichten; Sportler, die bei Ausdauersport oder anderen Wettkämpfen übermäßig viel Wasser trinken; iatrogene Polydipsie aufgrund einer Fehlinterpretation ärztlicher Ratschläge; gewohnheitsmäßige Polydipsie, bei der Wassertrinken als gesundheitsfördernd empfunden wird. Häufig sind diese Zustände mit einer herabgesetzten renalen Wasser-Clearance kombiniert.

Volumina, die zu einer Wasservergiftung führen können:

An einem einzigen Tag betrug die mittlere Wasseraufnahme 8,0 l über einen Zeitraum von 24 Stunden; über Stunden betrug der Median der Wasseraufnahme 5,3 l über 4 Stunden. Natriumspiegel im Serum

Der Medianwert des Serumnatriums betrug 118 mmol/L. In 6 von 40 tödlichen Fällen lag der Medianwert des Glaskörpers im Auge bei 112 mmol/L; die postmortalen Befunde bei den verstorbenen Patienten waren identisch mit der Beschreibung von Versuchstieren, die ein Hirnödem und eine Magenüberblähung beschrieben. Physiologischen Berechnungen ergeben, dass eine Zunahme von ~ 5,1 l Gesamtkörperwasser erforderlich ist, um das Serumnatrium von 140 mmol/L auf eine schwere biochemische Hyponatriämie (125 mmol/L) zu senken.

Prädisposition Sport

In dieser systematischen Übersichtsarbeit wurde festgestellt, dass Sport ein häufiger prädisponierender Faktor für eine Wasserintoxikation ist.

Dazu wurde in einer Fall-Kontroll-Studie mit 88 Teilnehmern des London-Marathons festgestellt, dass 12,5 % eine asymptomatische Hyponatriämie (128-134 mmol/L) entwickelten und dass dies zum Teil mit einer höheren Flüssigkeitsaufnahme zusammenhing.

Bei Triathlons auf Hawaii und in Neuseeland wurde bei 27 % bzw. 18 % der Teilnehmer eine biochemische und klinische Hyponatriämie festgestellt.

Vier Schlüsselfaktoren sind für die Entstehung einer trainingsinduzierten Wasserintoxikation verantwortlich:

- (1) übermäßiger Natriumverlust aufgrund von anhaltendem Schwitzen und körperlicher Anstrengung, wie bei Ultramarathonläufern, die an Langstreckenläufen teilnehmen;
- (2) aggressive Flüssigkeitsaufnahme mit niedrigem Gehalt an Elektrolytlösungen und
- (3) individuelle Schwankungen im Durstempfinden und in der Höhe des gewohnten Wasserkonsums.
- (4) Reduzierte renale Wasserelimination durch nicht-osmotische ADH-Ausschüttung (z.B. durch Schmerz und NSAR-Einnahme).

## Weitere Daten zur Wasservergiftung

### Sport und Sportgetränke

**KK** Sportgetränke werden zunehmend als unverzichtbare Ergänzung für jeden, der Sport treibt, angesehen, aber es fehlen die Beweise für diese Ansicht. Deborah Cohen untersuchte die Verbindungen zwischen der Sportgetränkeindustrie und der Wissenschaft, die dazu beigetragen haben, die Wissenschaft der Flüssigkeitszufuhr zu vermarkten.

Schon 2012 veröffentlicht Deborah Cohen als Herausgeberin zusammen mit den Autoren Heneghan et al. die Wahrheit über Sportgetränke. Insbesondere war das Ziel die Entlarvung von Mythen über Sport- und Bewegungsprodukte. Sie untersuchen die Verbindungen

zwischen der Sportgetränkeindustrie und der Wissenschaft, die dazu beigetragen haben, die Wissenschaft der Flüssigkeitszufuhr zu vermarkten.

Der erste New York Marathon fand 1970 statt. Trinkstände bekannter Getränkehersteller wurden über die Strecken verteilt und Sportgetränke sowie sog. Energy Drinks unterschiedlichster Zusammensetzung entwickelt und vermarktet. Kombinationen aus Wasser, Zucker, Salz, Kalium und Spurenelementen wurden zur Verhinderung und Bekämpfung von Dehydrierung, Muskelkrämpfen und anderen Symptomen kreiert. Gatorade sollte das American Football Team der Gators aus Florida fit halten. So entwickelte sich über die Jahre ein einträglicher Markt, der durch aggressive Werbung auch auf hochkarätigen Sportereignissen wie den Olympischen Spielen ständig wächst. Urin-Charts wurden propagiert, um den Hydrationsstatus zu überwachen. Wissenschaft und Marketing interagierten miteinander, und es wurde Angst vor einer Dehydrierung geschürt. Extensive, nicht durstgetriebene Trinkempfehlungen wurden propagiert und verbreitet.

Als Folge kam es bei populären Marathonrennen zu einer substantiellen Zahl von Hyponatriämie-Fällen mit Hirnödemen und auch tödlichem Ausgang. Dabei war das Ausmaß der Gewichtszunahme (Wasser-Aufnahme), Extreme im Body Mass Index (BMI), und ein nicht-supprimiertes ADH (Vasopressin), nicht aber die Zusammensetzung der Getränke mit dem Auftreten einer Hyponatriämie assoziiert (Christopher et al. 2005).

### **Sport und Hyponatriämie**

Eine trainingsassoziierte Hyponatriämie tritt bei Sportlern auf, die während des Trainings zu viel trinken, aufgrund einer inadäquaten Unterdrückung der antidiuretischen Hormonsekretion überschüssige Flüssigkeit zurückhalten und zirkulierendes Natrium osmotisch inaktivieren oder es nicht schaffen, osmotisch inaktives Natrium aus internen Speichern zu mobilisieren (Noakes et al. 2005). Es kommt also nicht darauf an, was, sondern wieviel man trinkt – und, ob die renale Wasserelimination kompromittiert ist!

Dennoch erwecken Getränkehersteller den Eindruck, dass (isotone) Sportgetränke besser als Wasser sind, um eine positive Wasserbilanz und damit eine Hyponatriämie zu vermeiden. Zu bedenken ist auch, dass ein Zuckergehalt in manchen Sportgetränken von 35 - 60 g zu einer zusätzlichen Kalorienaufnahme führt und damit zu Übergewicht und Diabetes beitragen kann.

Ein Umsetzen der Empfehlungen der Third International Exercise-associated Hyponatremia Consensus Development Conference von 2015, nämlich zurück zu durstgetriebenem Trinken während des Ausdauersports, hat Hyponatriämien bei den analysierten Marathon- und Triathlon-Wettbewerben fast vollständig vorgebeugt (López de Lara et al. 2022).

Undifferenzierte Trinkmengenempfehlung gibt es auch außerhalb des Sports für die Allgemeinbevölkerung. Häufig wird eine Menge von (mindestens) 2,5 Liter unabhängig vom Durst angeraten. Nierenkranke (!) sollen ihre Nieren besonders gut spülen, um den Krankheitsprogress zu verlangsamen. In einer randomisierten Studie zeigte eine Steigerung der normalen durstgesteuerten Trinkmenge um 1,5 Liter keinen nierenschützenden Effekt bei Patienten mit chronischen Nierenkrankheiten. Zeigt ein Patient mit schwerer Hyponatriämie allerdings deutliche Zeichen eines Hirndrucks (s.o.), ist schnelles Handeln erforderlich. **KK**

### **Hyponatriämie bei Wasservergiftung**

**KK** Osmotisch reguliertes antidiuretisches Hormon (ADH oder Vasopressin) und intakte Nieren erlauben es, große Flüssigkeitsmengen aufzunehmen und über einen dünnen, nicht-

konzentrierten Urin (50 mosmol/l) auszuscheiden. Bei einer durchschnittlichen täglichen Aufnahme von 600 - 800 mosmol mit der Nahrung können wir bei einer maximalen Urinverdünnung auf 50 mosmol/l mehr als 10 Liter Wasser trinken und ausscheiden. Andererseits können wir bei Bedarf Wasser konservieren, indem wir unseren Urin konzentrieren (1200 mosmol/l). So kommt selbst bei Menschen mit psychogener überflüssiger Wasseraufnahme (Polydipsie), die 8 - 10 Liter Flüssigkeit pro Tag trinken, eine Hyponatriämie praktisch kaum vor. **KK**

### **Sport und eine durstgesteuerte Trinkmenge**

**KK** Diverse Fallberichte unterstreichen die Bedeutung einer durstgesteuerten Trinkmenge und was passieren kann, wenn physiologische Mechanismen der Osmoregulation außer Kraft gesetzt werden. Nur wenn das Durstempfinden nicht mehr verlässlich ist, müssen Betroffene zum Trinken animiert werden. Hier ist der Sport inklusive Ausdauersport ein gutes Beispiel, welches die Bedeutung und die Verlässlichkeit des Durstempfindens unterstreicht. Wer hat nicht die verschiedensten Aufforderungen zur (Prä)Hydratierung vor einem Langstreckenlauf gehört? Dazu gehören Sprüche wie: Trink dem Durst voraus, konditioniere den Magen-Darm-Trakt vor einem Wettkampf für erhöhte Flüssigkeitsaufnahme, Dein Gehirn kennt Deinen Durst nicht etc. Diese Aufforderungen nahmen mit der wachsenden Popularität des Ausdauersports und der Internationalen Marathonläufe zu und haben mehr Schaden als Nutzen gebracht. **KK**

### **Literatur**

Christopher SD, Almond MPH, Andrew Y. Shin AY et al.:  
Hyponatremia among Runners in the Boston Marathon  
N Engl J Med 2005; 352: 550-556

Cohen D (investigations editor)  
The truth about sports drinks  
BMJ 2012; 345

Heneghan C, Gill P, O'Neill B, Lasserson D et al.:  
Mythbusting sports and exercise products  
BMJ 2012; 345

López de Lara D, Ruiz-Sánchez JG, Cuesta M, Seara G et al.:  
Exercise-induced hyponatremia: An assessment of the International Hydration Recommendations followed during the Gran Trail De Peñalara and Vitoria-Gasteiz Ironman Competitions.  
Front Nutr 2022; 8: 781229

Noakes TD, Sharwood K, , D. Speedy D et al.:  
Three independent biological mechanisms cause exercise-associated hyponatremia: Evidence from  
PNAS 2005; 102: 18550-18555

Rangan GK, Dorani N, Zhang MM, et al.:  
Clinical characteristics and outcomes of hyponatraemia associated with oral water intake in adults: a systematic review  
BMJ Open 2021; 11: e046539