

Normalwert der Plasma-Osmolalität

Einleitung

In einer aktuellen Publikation [Fazekas et al. 2013 \[1\]](#) wurde geprüft, ob die von Zander entwickelte Formel zur [optimalen Berechnung der Osmolalität](#) die gemessene Osmolalität besser wiedergibt als die zuvor seit 1958 publizierten 35 Formeln. Dabei wurde auch der Normalwert der Plasma-Osmolalität an 41 Normalpersonen überprüft. Schließlich galt es auch zu prüfen, ob die Osmolalität des Plasmas die Tonizität, also den osmotischen Druck, richtig beschreibt.

Normalwert der Plasma-Osmolalität - Messung versus Berechnung

Im Klinischen Institut für Medizinische & Chemische Labordiagnostik der Universität Graz wurde im Jahre 2010 bei 236 Probanden (41 Normalpersonen und 195 Patienten der Anästhesie, Chirurgie, Inneren Medizin und der Neurochirurgie) die Osmolalität gemessen und mit dem nach dieser optimierten Formel berechneten Wert verglichen. Die Daten der 41 Normalpersonen wurden freundlicherweise von Herrn Dr. Hans-Jürgen Semmelrock zur Verfügung gestellt.

Die Osmolalitäts-Messung erfolgte mit der täglich kalibrierten OSMO STATION OM-6050 (Fa. ARKRAY) über die Gefrierpunkts-Depression.



Die für die Berechnung erforderlichen 8 Messwerte wurden aus venösem oder arteriellem Vollblut mit dem Gerät cobas b 221 System (ehem. Roche OMNI S) erhoben: Na^+ , K^+ , Cl^- , Glu, Lac^- , Urea, HCO_3^- (aktuelles HCO_3^- aus pH und pCO_2 berechnet).

Die Einschlusskriterien der Normalpersonen waren mit Werten in folgenden Bereichen vorgegeben (mmol/l): Na^+ $142 \pm 4,0$; K^+ $4,5 \pm 0,5$; Cl^- $103 \pm 3,0$; Lac^- $1,5 \pm 1,0$; HCO_3^- 24 ± 2 (gegeben bei arteriell pH $7,400 \pm 0,03$ / pCO_2 $40 \pm 4,0$ mmHg); Gluc 5 ± 1 ; Urea $5 \pm 2,0$; BE_{act} $0 \pm 2,0$.

Die erhobenen Messwerte der 41 Normalpersonen betragen (mmol/l):

Na^+ $143 \pm 1,3$; K^+ $4,1 \pm 0,3$; Cl^- $101,4 \pm 1,5$; Lac^- $1,7 \pm 0,4$; HCO_3^- $26,7 \pm 2,0$; Gluc $5,1 \pm 0,6$; Urea $4,5 \pm 1,2$.

Es ist bemerkenswert, dass die erhobenen Messwerte

-  sehr gut mit den vorgegebenen Literatur-Werten und
-  mit deutlich geringerer Streuung (SD) als vorgegeben gemessen wurden.

Der gemessene und der berechnete Normalwert der Osmolalität zeigen eine bemerkenswerte Übereinstimmung, sowohl den Mittelwert als auch die Streuung (SD) betreffend (s. Tabelle).

Auch der Normalwert laut Literatur stimmt sehr gut mit diesen Werten überein (s. Tabelle). Mit einer mittleren Streuung (SD) von nur 1,7 % handelt es sich um einen gewichteten Mittelwert von 181 Probanden [3, 4, 5]. Die beiden neuen Werte, berechnet oder gemessen, reduzieren die Streuung (SD) auf ca. 1,0 %. Soll aus praktischen Gründen die Osmolalität des Vollblutes gemessen werden, beträgt die Abweichung zum Plasmawert höchstens 0,5 % [7].

Plasma-Osmolalität (mosmol/kg H₂O)	
Messwert Literatur (n = 181)	288 ± 5
Messwert aktuell (n = 41)	288,8 ± 3,4
Berechneter Wert aktuell (n = 41)	288,7 ± 2,9

Da eine Altersabhängigkeit des Normalwertes der Osmolalität publiziert wurde [6], sie soll von 288 (20 J.) auf 298 mosmol/kg H₂O (65 J.) zunehmen, wurde diese Frage überprüft.

Für die 41 Normalpersonen im Alter von 15 - 85 Jahren ergab sich eine lineare, nicht signifikante Beziehung ($Osm \text{ (mosmol/kg H}_2\text{O)} = 285,6 + 0,06 \times \text{Alter (J)}$; $r = 0,31$) mit der Möglichkeit einer Vorhersage. Danach würde sich eine Osmolalitätszunahme von 287 (20 J.) auf 290 (65 J.) mosmol/kg H₂O ergeben, was vorläufig ohne Relevanz bleiben dürfte.

Für Spezialisten

Zur Kalibration eines Gerätes zur Gefrierpunktsdepression wird üblicherweise eine NaCl-Lösung mit 300 mosmol/kg H₂O verwendet. Diese enthält 9,463 g NaCl in 1000 g H₂O [2] und berechnet sich wie folgt: 58,443 g NaCl (MW) entsprechen theoretisch 2.000 mosmol und mit einem osmotischen Koeffizienten von 0,9264 dann 1.852,8 mosmol, somit 300 mosmol/kg H₂O dann 9,463 g NaCl in 1.000 g H₂O. Für praktische Zwecke wird ein osmotischer Koeffizient für NaCl von 0,926 verwendet [2]. Ersatzweise kann auch eine Lösung mit 0,9 % NaCl verwendet werden, die eine Osmolarität von 308 mosmol/l hat, und dann mit einem osmotischen Koeffizienten von 0,9264 und einem Wassergehalt von 99,7 % eine Osmolalität von 286 mosmol/kg H₂O besitzt [8].

Erythrozyten in vitro als biologisches Osmometer

Im Gegensatz zur Osmolalität wird mit der Bezeichnung Tonizität das funktionelle Verhalten beschrieben, d. h. ob eine Zelle in einer Lösung durch Wasseraufnahme anschwillt oder durch Wasserabgabe schrumpft. Eine Lösung ist isoton, wenn in sie eingebrachte Zellen weder schrumpfen noch schwellen, sie ist hyperton, wenn sie den Zellen Flüssigkeit entzieht und umgekehrt ist sie hypoton, wenn die Zellen in ihr schwellen.

Vergleiche dazu Anmerkungen zur Nomenklatur im Beitrag [Osmolalität aktueller balancierter Infusionslösungen](#).

Dazu wurden folgende Versuche mehrfach unternommen:

Frisch-Blut wurde zentrifugiert, ca. 80 % des Plasmas wurde entfernt und dann mit 0,9 % NaCl (Osmolalität 286 mosmol/kg H₂O) auf das 1,5fache des ursprünglichen Blutvolumens aufgefüllt.

Somit wurde der Hämatokrit auf ca. 30 % reduziert ($45 / 150 = 30 \%$) und der Plasmaanteil auf ca. 20 % reduziert (von 55 ml (Hct 45 %) bleiben noch 11 ml übrig = 20 %).

Die Berechnung der dann resultierenden Osmolalität (bezogen auf 100 ml Blut) ergibt sich wie folgt: $(45 \text{ ml Ery} \times 288) + (11 \text{ ml Plasma} \times 288) + (94 \text{ ml Lösung} \times 286) = 150 \text{ ml} \times 286,7 \text{ mosmol/kg H}_2\text{O}$. Damit wurde die Osmolalität (nach Wasserverschiebung vom Plasma-NaCl-Gemisch in die Erythrozyten) von 288 auf 286,7 mosmol/kg H₂O gesenkt, also um 0,45 %.

Diese minimale Osmolalitätssenkung kann man an der Abnahme des MCHC (mittlere korpuskuläre Hb-Konzentration) gerade noch ablesen, weil das MCV (mittleres korpuskuläres Volumen) in Relation zur cHb zunimmt (cHb/Hct). Dazu muss sowohl die cHb sehr genau bestimmt werden (gravimetrische Hb-Bestimmung, [QualiTest Heft 2](#), 1997) als auch der Hct (Mikro-Hämatokrit-Zentrifuge, mehrfach zentrifugieren, Ablesen mit Lupe). Der Quotient cHb/Hct ergibt die Abnahme des MCHC und wird hier als Zunahme des MCV angegeben.

Ergebnis: $101 \pm 0,9 \%$ (n = 25).

Offensichtlich reagieren die Erythrozyten auf eine minimale äußere Osmolalitätssenkung mit einer minimalen, gerade noch messbaren Volumenzunahme. Damit ist belegt, dass die Angabe der Osmolalität in mosmol/kg H₂O geeignet ist, die Tonizität zu beschreiben.

Die sogenannte physiologische NaCl-Lösung ist, vorhersagbar und experimentell belegt, minimal hypoton.

Damit ist auch belegt, dass die physiologisch entscheidende Größe die Osmolalität (mosmol/kg H₂O) und nicht die Osmolarität (mosmol/l) ist, andernfalls wäre die 0,9 %ige NaCl-Lösung mit 308 mosmol/l deutlich hyperton im Vergleich zum Plasma mit einer Osmolarität von 291,5 mosmol/l [1].

Fazit

- 🔥 Der Normalwert der Plasma-Osmolalität wird mit 288 mosmol/kg H₂O bestätigt, die Streuung (SD) kann mit ca. 1 % angenommen werden.
- 🔥 Die Osmolalität in mosmol/kg H₂O ist geeignet, die Tonizität zu beschreiben.
- 🔥 Die physiologisch entscheidende Größe zur Beschreibung des osmotischen Druckes ist die Osmolalität (mosmol/kg H₂O) und nicht die Osmolarität

(mosmol/l) des Plasmas, also der über die Gefrierpunktsdepression erhaltende Messwert.

- 🔥 Infusionslösungen sollten mit der berechneten Osmolalität (mosmol/kg H₂O) deklariert werden.

Literatur

1. [Fazekas AS, Funk GC, Klobassa DS, Rüter H, Ziegler I, Zander R, Semmelrock HJ](#)
Evaluation of 36 formulas for calculating plasma osmolality
Intensive Care Med 2013; 39: 302 - 308
2. Geigy Scientific Tables
In: Physical Chemistry (Lentner C, ed.), Vol 3, Ciba-Geigy, Basel 1984 (S. 48)
3. Glasser L, Sternglanz, PD, Combie J, Robinson A
Serum osmolality and its applicability to drug overdose
Am J Clin Path 1973; 60: 695 - 699
4. Hendry EB
Osmolarity of human serum and of chemical solutions of biological importance
Clin Chem 1961; 7: 156 - 164
5. Olmstead EG, Roth DA
The relationship of serum sodium to total serum osmolality: A method of distinguishing hyponatremic states
Am J Med Sci 1957; 233: 392 – 399
6. O'Neill PA
Aging and salt and water balance
Rev Clin Gerontol 1996; 6: 305 - 313
7. Weil MH, Michaels S, Klein D
Measurement of whole blood osmolality
Am J Clin Pathol 1982; 77: 447 - 448
8. [Zander R](#)
Flüssigkeitstherapie (2. Aufl.)
Bibliomed, Melsungen 2009