

Natriumbikarbonat | Natriumcitrat

Puffersubstanzen

Klassifizierung

A Performance Supplement

Der Einsatz kann in spezifischen Situationen im Sport Sinn machen. Voraussetzung ist aber eine Nutzung, die auf die individuelle Situation massgeschneidert ist und auf den aktuellen Erkenntnissen der Forschung basiert. Bei unsachgemässer Nutzung eines A-Supplementes ohne Anpassung an die individuelle Situation wird das Supplement automatisch zu einem C-Supplement. Eine solche Nutzung ist daher nicht empfohlen.

Kein A-Supplement ist pauschal für alle Situationen, Sportarten oder Personen geeignet.

In diesem Faktenblatt werden die beiden A-Supplemente Natriumbikarbonat und Natriumcitrat, welche zur Leistungsoptimierung eingesetzt werden, ausführlich behandelt. Supplemente zur generellen Unterstützung des Säure-Basen-Haushaltes werden nicht diskutiert.

Allgemeine Beschreibung

Im Blut ist Bikarbonat die wichtigste Puffersubstanz ¹. Der pH-Wert des Blutes ist sehr genau reguliert und liegt in Ruhe in einem engen Bereich von 7.35-7.45. Puffersubstanzen (im Blut und in Zellen) können anfallende Säuren und Basen «abpuffern» und dadurch den pH-Wert konstant halten. Ohne Puffer würde der pH schon bei einer leichten Säure- oder Basenproduktion unkontrolliert abfallen oder ansteigen. Proteine (z.B. Hämoglobin und Plasmaproteine) und Phosphatpuffer weisen ebenfalls eine Pufferfunktion auf. In den Zellen sind hauptsächlich die Phosphat- und Proteinpuffer (z.B. Carnosin, Anserin) von Bedeutung. Aktive Transportsysteme helfen, die Säuren aus der Zelle heraus zu transportieren.

In der Medizin wird Natriumbikarbonat zur Behandlung schwerer akuter Azidosen, zur Neutralisation der Magensäure (Antazida), als aufhellende Substanz bei der Zahnpflege und zur Pflege von Wunden und Verbrennungen eingesetzt. Zusätzlich wird Natriumbikarbonat als Backpulver zur Teiglockerung bei der Herstellung von Backwaren verwendet. Je nach Herkunft enthalten einzelne Mineralwasser eine beträchtliche Menge (200–300 mg/L) an Natriumbikarbonat.

Natriumcitrat ist das Salz der Zitronensäure. In der Medizin verhindert Natriumcitrat die Gerinnung von Blutproben. Als Lebensmittelzusatzstoff (E331) wird es in verschiedenen Lebensmitteln als Säureregulator eingesetzt.

Metabolismus, Funktion, allgemeine Wirkung

Im Stoffwechsel beeinflusst der pH die Aktivität von Enzymen, die Reizleitung, die Bildung von Signalsubstanzen und viele weitere Stoffwechselprozesse. Aus diesem Grund ist der Körper bestrebt, den pH möglichst konstant zu halten. Zu diesem Zweck existieren verschiedene Puffersysteme innerhalb und ausserhalb der Zelle.

Diese arbeiten parallel und aufeinander abgestimmt. Wichtige Organe, die an der Regulation des Säure-Basen-Haushaltes beteiligt sind:

- die Lungen, wobei durch die Abatmung von Kohlendioxid Säuren neutralisiert werden
- die Nieren, welche Säuren über den Harn ausscheiden
- die Leber, die in der Harnstoffbiosynthese Säuren bindet

Natriumbikarbonat

Oral aufgenommenes Natriumbikarbonat kann die Bikarbonatkonzentration im Blut direkt oder indirekt (erhöhte Natrium- und Chloridausscheidung) erhöhen und damit die Pufferkapazität des Blutes verbessern. Die kurzfristig erhöhte Pufferkapazität des Blutes scheint zu einem erhöhten Wasserstoffionen- und Laktattransport aus dem Zellinnern zu führen, den intrazellulären pH zu stabilisieren und den Blut-pH zu erhöhen.

Natriumcitrat

Natriumcitrat hat keine direkte Pufferwirkung, da Citrat keine im physiologischen pH-Bereich liegende Säuregruppe aufweist. Citrat kann die Bikarbonatkonzentration des Blutes indirekt erhöhen: Natriumcitrat zerfällt zu Ionen, sobald es mit Körperflüssigkeiten in Berührung kommt. Dabei entstehen Natrium- und Citratanionen ^{2,3}. Da die Citratanionen im Gegensatz zu den Natriumionen aus dem Plasma entfernt werden, kommt es zu einer Veränderung der elektrischen Ladung. Dieses elektrische Ungleichgewicht wird korrigiert und führt zu einem Anstieg der Bikarbonatkonzentration. Natriumcitrat scheint etwas weniger effektiv zu sein als Natriumbikarbonat.

Spezifische Wirkung auf die sportliche Leistungsfähigkeit

Bei hochintensiven, anaeroben Belastungen von kurzer Dauer tragen verschiedene Faktoren zur Ermüdung bei, unter anderem auch die Anhäufung von Stoffwechselzwischenprodukten wie Ammoniak und Säuren (Protonen, Kohlendioxid) in der Muskulatur und im Blut. Die Protonen (H⁺), welche aus Stoffwechselreaktionen entstanden sind, können über eine gewisse Zeit durch Laktat abgepuffert werden. Somit kann Laktat als indirekter Marker für Muskelübersäuerung gemessen werden ⁴. Nicht das Laktat führt jedoch zur Übersäuerung, sondern die Protonen.

Die Säurebildung bei hochintensiven Belastungsformen bringt die verschiedenen Puffersysteme an ihre Grenzen und führt zu einer Säureakkumulation in den Zellen und im Blut. Der Blut-pH kann dann bis auf ca. 6.8 absinken, der intrazelluläre pH bis auf ca. 6.4. Die Anhäufung von Säuren bewirkt einerseits Funktionsstörungen im Bereich der kontraktilen Elemente (Aktin, Myosin) im Muskel. Andererseits werden über reduzierte Enzymaktivitäten die Energiebereitstellung und die Bildung energiereicher Phosphate (z.B. ATP) beeinträchtigt und somit die körperliche Leistungsfähigkeit

reduziert. Schon um 1930 hatten Forscher die Idee, den Säure-Basen-Haushalt über die Verabreichung von Puffersubstanzen in Form von Natriumbikarbonat zu beeinflussen^{5,6}.

Bei laktaziden anaeroben Belastungen von ca. 1 bis 8 min (z.B. Langlaufsprint, Schwimmen, 400 m Lauf, Bahnfahren, Rudern, Kanu) sind mit Natriumbikarbonat und Natriumcitrat Leistungsverbesserungen möglich. Auch bei hochintensiven Intervallbelastungen sind Leistungsverbesserungen möglich. Die Leistungsverbesserungen scheinen umso deutlicher auszufallen, je stärker die belastungsinduzierte metabolische Azidose ausgeprägt ist. Im Ausdauerbereich sind keine Leistungsverbesserungen zu erwarten. Mittlerweile gibt es auch Studien, in welchen leistungssteigernde Effekte bei Teamsportaktivitäten aufgezeigt wurden^{7,8}. Es scheint, als könnten diese positiven Effekte bei trainierten Personen häufiger beobachtet werden. Bei langen Ausdauerwettkämpfen in der Hitze mit extrem hohen Schweißverlusten können Natriumbikarbonat und Natriumcitrat als Natriumquelle (Salzquelle) eingesetzt werden und so positive Effekte auf den Flüssigkeitshaushalt ausüben⁹.

Der Einsatz von Natriumbikarbonat in der Höhe scheint gerade bei Trainingsaufenthalten nicht empfohlen zu sein, da die Mechanismen für Veränderungen der Trainingsadaptationen noch nicht geklärt sind¹⁰. Weiter zeigte der Reviewartikel auf, dass nicht alle Studien unter Natriumbikarbonatsupplementation eine Leistungsverbesserung in der Höhe zeigen konnten.

Natriumbikarbonat und -citrat werden üblicherweise gezielt bei Wettkämpfen eingesetzt. Inwieweit ein regelmässiger Einsatz im Training die Leistungsentwicklung beeinflusst, kann bisher nicht beurteilt werden⁸. Ob die Einnahme von Puffersubstanzen zudem die Regeneration nach hochintensiven Leistungen beschleunigt, ist noch nicht abschliessend geklärt¹¹.

Mögliche Nebenwirkungen

Im Zusammenhang mit der Supplementation von Natriumbikarbonat und Natriumcitrat werden häufig Nebenwirkungen im Magen-Darm-Trakt (insbesondere Übelkeit, Magenkrämpfe, Erbrechen und akuter Durchfall) beschrieben. Diese Beschwerden können durch eine erhöhte Wasserzufuhr, welche die Osmolarität herabsetzt, leicht vermindert werden. Eine erhöhte Wasserzufuhr kann jedoch kurzfristig zu einer Erhöhung des Körpergewichts führen, da durch den hohen Natriumanteil das Wasser im Körper zurückgehalten wird. Alternativ kann man Natriumbikarbonat über mehrere Tage einnehmen und die Zufuhr einen Tag vor dem Wettkampf stoppen (siehe unten)^{12,13} und so die meisten Nebenwirkungen vermindern. Andere Dosierungsstrategien wurden untersucht (u.a. geringere Dosierung, Einnahme über mehrere Stunden verteilt), jedoch kann bei noch keine evidenz-basierte Empfehlung gemacht werden¹⁴⁻¹⁷.

Andere Nebenwirkungen, welche durch eine Supplement-induzierte Alkalose hervorgerufen werden, umfassen Störungen im Elektrolytstoffwechsel (Hypokaliämie, Hypernatriämie). Zudem können Störungen des peripheren Nervensystems wie beispielsweise Sensibilitätsstörungen, Kribbeln, taubes Gefühl auftreten.

Salzsensitive Bluthochdruckpatienten und Personen mit eingeschränkter Nierenfunktion sollen auf die Verwendung von Natriumbikarbonat und Natriumcitrat verzichten. Mit Milch zusammen

eingegenommen können Natriumbikarbonat und Natriumcitrat zum Milch-Alkali-Syndrom mit erhöhten Blutkalziumwerten und Kalziumablagerungen in der Niere und anderen Geweben führen.

Anwendung und Dosierung

- Natriumbikarbonat: 0.3 g/kg Körpergewicht
- Natriumcitrat: (0.3-) 0.5 g/kg Körpergewicht^{18,19}

Bikarbonat-Pulver in ca. 1.0 L Wasser auflösen oder als Kapseln mit derselben Flüssigkeitsmenge ca. 60-120 Minuten vor Belastung einnehmen. Natriumcitrat soll gemäss einer kürzlich publizierten Studie mindestens 3 Stunden vor der Belastung eingenommen werden, da die maximale Bikarbonatkonzentration erst nach 180 bis 210 min nach Einnahme erreicht wird¹⁸. Eine grössere Flüssigkeitsmenge sowie die Verteilung der Aufnahme über 30-45 min reduzieren die Nebenwirkungen.

Einige Stunden vor und nach der Bikarbonat- und Citrateinnahme muss auf Milch, Milchprodukte, Kalziumsupplemente und kalziumreiche Mineralwasser verzichtet werden (Risiko für Milch-Alkali-Syndrom).

Alternativ kann man Natriumbikarbonat über 5 Tage einnehmen. Die erhöhte Pufferwirkung scheint dann nach Absetzen ein bis zwei Tage erhalten zu bleiben. Somit können allfällige negative Effekte am Wettkampftag vermieden werden. Allerdings liegen bisher nur wenige Daten aus Studien mit moderat Trainierten vor. Ob dieses Protokoll bei Leistungssportlern funktioniert, wurde bisher nicht untersucht. Die Einnahme muss dann folgendermassen erfolgen: viermal täglich 0.125 g/kg Körpergewicht (= 0.5 g/kg Körpergewicht pro Tag), mit genügend Flüssigkeit kombiniert, über den Tag verteilt mit mindestens drei Stunden Pause zwischen den Einnahmen. Ob man auch Natriumcitrat so anwenden kann, wurde nicht untersucht.

Aufgrund einer hohen Variabilität in der Wirkungsweise der Puffersubstanzen wird eine individuelle Anwendung immer häufiger empfohlen⁸. Vor allem der Zeitpunkt der Bikarbonat- bzw. Citrateinnahme sollte individuell so abgestimmt werden, dass zum Zeitpunkt der Leistungserbringung ein maximaler pH-Wert bzw. eine maximale Bikarbonatkonzentration im Blut erreicht wird^{8,20} und die gastrointestinalen Nebenwirkungen minimiert werden²¹. Weiter scheinen auch Trainingsstatus sowie genetische Faktoren die individuelle Wirksamkeit zu verändern²¹. Zudem sollte die Einnahme vorgängig in einem Training ausgetestet werden, bevor es in einem Wettkampf zur Anwendung kommt.

Verfasser: Dr. Joëlle Flück
Review: AG Supplementguide der SSNS
Datum: November 2019, Version 1.2
Gültigkeit: November 2022

Quellen

1. Schmidt RF, Lang F, Heckmann M. *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie*. 31. Auflage ed: Springer Berlin Heidelberg; 2011.
2. Lancha Junior AH, Painelli Vde S, Saunders B, Artioli GG. Nutritional strategies to modulate intracellular and extracellular buffering capacity during high-intensity exercise. *Sports Med*. 2015;45 Suppl 1:S71-81.
3. Kowalchuk JM, Maltais SA, Yamaji K, Hughson RL. The effect of citrate loading on exercise performance, acid-base balance and metabolism. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1989;58(8):858-864.
4. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2004;287(3):R502-516.
5. Dennig H, Talbott JH, Edwards HT, Dill DB. Effect of Acidosis and Alkalosis Upon Capacity for Work. *J Clin Invest*. 1931;9(4):601-613.
6. Aiken CG. History of medical understanding and misunderstanding of Acid base balance. *J Clin Diagn Res*. 2013;7(9):2038-2041.
7. Burke LM. Practical considerations for bicarbonate loading and sports performance. *Nestle Nutrition Institute workshop series*. 2013;75:15-26.
8. McNaughton LR, Gough L, Deb S, Bentley D, Sparks SA. Recent developments in the use of sodium bicarbonate as an ergogenic aid. *Curr Sports Med Rep*. 2016;15(4):233-244.
9. Mora-Rodriguez R, Hamouti N. Salt and fluid loading: effects on blood volume and exercise performance. *Med Sport Sci*. 2012;59:113-119.
10. Stellingwerff T, Peeling P, Garvican-Lewis LA, et al. Nutrition and Altitude: Strategies to Enhance Adaptation, Improve Performance and Maintain Health: A Narrative Review. *Sports Med*. 2019.
11. Stoggl T, Torres-Peralta R, Cetin E, Nagasaki M. Repeated high intensity bouts with long recovery: are bicarbonate or carbohydrate supplements an option? *Scie World J*. 2014:145747.
12. McNaughton L, Thompson D. Acute versus chronic sodium bicarbonate ingestion and anaerobic work and power output. *J Sports Med Phys Fitness*. 2001;41(4):456-462.
13. McNaughton L, Backx K, Palmer G, Strange N. Effects of chronic bicarbonate ingestion on the performance of high-intensity work. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1999;80(4):333-336.
14. Dalle S, De Smet S, Geuns W, Rompaye BV, Hespel P, Koppo K. Effect of Stacked Sodium Bicarbonate Loading on Repeated All-out Exercise. *Int J Sports Med*. 2019;40(11):711-716.
15. Durkalec-Michalski K, Zawieja EE, Podgorski T, et al. The Effect of a New Sodium Bicarbonate Loading Regimen on Anaerobic Capacity and Wrestling Performance. *Nutrients*. 2018;10(6).
16. Marcus A, Rossi A, Cornwell A, Hawkins SA, Khodiguian N. The effects of a novel bicarbonate loading protocol on serum bicarbonate concentration: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr*. 2019;16(1):41.
17. Hilton NP, Leach NK, Sparks SA, et al. A Novel Ingestion Strategy for Sodium Bicarbonate Supplementation in a Delayed-Release Form: a Randomised Crossover Study in Trained Males. *Sports medicine - open*. 2019;5(1):4.
18. Urwin C, Dwyer D, Carr A. Induced Alkalosis and Gastrointestinal Symptoms after Sodium Citrate Ingestion: A Dose-Response Investigation. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2016:1-20.
19. McNaughton L. Sodium citrate and anaerobic performance: implications of dosage. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990;61(5-6):392-397.
20. Sparks A, Williams E, Robinson A, et al. Sodium bicarbonate ingestion and individual variability in time-to-peak pH. *Research in sports medicine (Print)*. 2017;25(1):58-66.
21. Heibel AB, Perim PHL, Oliveira LF, McNaughton LR, Saunders B. Time to Optimize Supplementation: Modifying Factors Influencing the Individual Responses to Extracellular Buffering Agents. *Frontiers in nutrition*. 2018;5:35.