

Bicarbonate de sodium | Citrate de sodium Substances tampons

Classification

A Supplément pour la performance

L'utilisation dans le sport peut faire du sens. La condition préalable est une utilisation de manière individuelle et fondée sur les dernières découvertes de la recherche. Une utilisation inappropriée d'un supplément A sans adaptation individuelle fait que le supplément devient automatiquement un supplément C. Une telle utilisation n'est pas recommandée.

Aucun supplément de la liste A ne convient à toutes les situations, à tous les athlètes, ni à toutes les disciplines sportives.

Cette fiche d'information traite en détail des deux suppléments A, le bicarbonate de sodium et le citrate de sodium, qui sont utilisés pour optimiser les performances. D'autres suppléments destinés à soutenir l'équilibre acido-basique en général ne sont pas abordés.

Description générale

Le bicarbonate de sodium est la principale substance tampon du sang ¹. Le pH est contrôlé de manière extrêmement précise et se situe, au repos, dans une fourchette de 7.35-7.45. Les substances tampons (du sang et des cellules) sont capables de « neutraliser » les acides et les bases et donc de maintenir le pH constant. En l'absence de tampons, le pH chuterait ou augmenterait de manière dramatique, même lors d'une faible production d'acides ou de bases. Les protéines (par ex. hémoglobine et protéines plasmatiques) et le tampon phosphate exercent aussi une fonction de tampon. Dans les cellules, ce sont principalement les tampons phosphate et les protéines (par ex. carnosine, ansérine) qui jouent ce rôle. Les systèmes de transport actif aident à transporter les acides hors des cellules.

Dans le domaine médical, le bicarbonate de sodium s'utilise dans le traitement des acidoses aiguës sévères, pour neutraliser l'acidité gastrique (antiacides), comme agent éclaircissant lors des soins dentaires et pour le traitement des plaies et des brûlures. Le bicarbonate de sodium en poudre est par ailleurs utilisé comme additif dans la cuisson au four pour aérer les pâtes entrant dans la composition des produits de boulangerie. Certaines eaux minérales présentent une teneur plus ou moins importante de bicarbonate de sodium (200–300 mg/L) suivant leur provenance.

Le citrate de sodium est le sel de l'acide citrique. En médecine, le citrate de sodium est utilisé pour empêcher la coagulation des prélèvements sanguins. Il est aussi ajouté à divers aliments comme additif (E331) destiné à réguler l'acidité.

Métabolisme, fonction, effets généraux

Au niveau métabolique, le pH influence l'activité des enzymes, la conduction dans les tissus nerveux et musculaire, la synthèse des substances messagères et de nombreux autres processus métaboliques. Pour ces raisons le corps essaye de maintenir un pH aussi stable que possible. Pour cela, il existe différents systèmes tampons intra et extracellulaires.

Ces systèmes travaillent en parallèle et en harmonie. Les principaux organes intervenant dans la régulation de l'équilibre acido-basique sont :

- les poumons, l'élimination du dioxyde de carbone (CO₂) lors de l'expiration neutralisant les acides
- les reins, qui éliminent les acides dans l'urine
- le foie, qui fixe des acides dans le cadre de la biosynthèse de l'urée

Bicarbonate de sodium

Une prise orale de bicarbonate de sodium peut augmenter directement ou indirectement (augmentation de l'excrétion de sodium et de chlore) les concentrations sanguines de bicarbonate et ainsi améliorer le pouvoir tampon du sang. L'augmentation à court terme du pouvoir tampon du sang semble entraîner une augmentation de l'évacuation des ions hydrogène et du lactate par un co-transporteur depuis l'intérieur de la cellule, stabiliser le pH intracellulaire et augmenter le pH sanguin.

Citrate de sodium

Le citrate de sodium n'a pas d'effet tampon direct, car il ne possède pas de groupe acide dans la plage de pH physiologique. Le citrate peut augmenter indirectement la concentration de bicarbonate dans le sang : Le citrate de sodium se décompose en ions dès qu'il entre en contact avec des liquides corporels. Il en résulte des anions sodium et citrate 2,3. Comme les anions citrate sont éliminés du plasma, contrairement aux ions sodium, il en résulte une modification de la charge électrique. Ce déséquilibre électrique est corrigé, ce qui entraîne une augmentation de la concentration de bicarbonate dans le sang. Le citrate de sodium semble être légèrement moins efficace que le bicarbonate de sodium

Effet spécifique sur la performance sportive

Plusieurs facteurs sont à l'origine de la fatigue lors des efforts anaérobies de haute intensité et de courte durée. L'un d'entre eux est l'accumulation, au niveau musculaire et sanguin, de produits du métabolisme intermédiaire, dont des acides (protons, dioxyde de carbone) et de l'ammoniac. Les protons (H⁺), qui résultent de réactions métaboliques peuvent, pendant un certain temps, être tamponnés par le lactate. Ainsi, le lactate peut être mesuré comme un marqueur indirect de l'hyperacidité musculaire ⁴. Ce n'est, cependant, pas le lactate qui cause l'hyperacidité, mais les protons.

La formation d'acides survenant dans le cadre d'efforts intenses pousse les différents systèmes tampons à leurs limites et induit une accumulation d'acides dans les cellules et dans le sang. Le pH sanguin peut alors s'abaisser jusqu'à des valeurs de l'ordre de 6.8 avec un pH intracellulaire pouvant atteindre 6.4. L'accumulation d'acide entraîne des altérations des fonctions des éléments contractiles du muscle (actine, myosine). D'autre part, la diminution

des activités enzymatiques compromet la fourniture d'énergie et la formation des liaisons phosphates à haute énergie (par ex. ATP) et réduit par conséquent la capacité de performance physique. Dans les années 1930 déjà, des chercheurs ont dès lors eu l'idée d'agir sur l'équilibre acido-basique par l'administration de substances tampons sous forme de bicarbonate de sodium ^{5,6}.

Lors d'efforts anaérobies lactiques d'une durée d'environ 1 à 8 minutes (par ex. sprint en ski de fond, natation, course de 400 m, cyclisme sur piste, aviron, canoë), le bicarbonate de sodium et le citrate de sodium permettent d'améliorer les performances 7-9. Des améliorations des performances sont également possibles lors d'efforts par intervalles de haute intensité 10. Les améliorations des performances semblent être d'autant plus nettes que l'acidose métabolique induite par l'effort est importante. Dans le domaine de l'endurance, aucune amélioration des performances n'est attendue. Entre-temps, des études ont montré des effets d'amélioration des performances lors d'activités sportives en équipe 11,12. Il semble que ces effets positifs puissent être observés plus fréquemment chez les personnes entraînées. Lors de longues compétitions d'endurance dans la chaleur avec des pertes de sueur extrêmement élevées, le bicarbonate de sodium et le citrate de sodium peuvent être utilisés comme source de sodium (source de sel) et exercer ainsi des effets positifs sur l'équilibre hydrique 13.

L'utilisation de bicarbonate de sodium lors de séjours d'entraînement en altitude ne semble pas recommandée, car les mécanismes de modification des adaptations à l'entraînement ne sont pas encore élucidés 14. De plus, un article de revue 14 a montré que toutes les études n'ont pas pu montrer une amélioration des performances en altitude sous supplémentation en bicarbonate de sodium.

Le bicarbonate et le citrate de sodium sont habituellement utilisés de manière ciblée lors des compétitions. On ne sait pas pour l'heure dans quelle mesure une prise régulière durant l'entraînement permettrait d'améliorer les performances. On ne sait pas encore si l'absorption de substances tampons accélère également la récupération après un effort de haute intensité ¹⁰.

Effets indésirables possibles

La supplémentation en bicarbonate de sodium et en citrate de sodium est souvent associée à des troubles gastro-intestinaux (en particulier nausées, crampes d'estomac, vomissements et diarrhée aiguë). Ces troubles peuvent être atténués par une augmentation de la consommation d'eau afin d'abaisser l'osmolarité. Cependant, un apport hydrique accru peut entraîner une augmentation du poids corporel à court terme, car la teneur élevée en sodium retient l'eau dans l'organisme. Une autre alternative consiste à administrer le bicarbonate de sodium durant plusieurs jours, puis à interrompre un jour avant la compétition (voir protocole ci-dessous) ^{16,17} et ainsi réduire la plupart des effets secondaires ¹⁸⁻²¹. Les problèmes gastro-intestinaux ont pu être réduits par l'administration de substances pouffer sous forme de capsules par rapport à un liquide ^{21,22}.

Parmi les autres effets indésirables, en rapport avec l'alcalose induite par la supplémentation, on citera les troubles électrolytiques (hypokaliémie, hypernatrémie). Des troubles du système

nerveux périphérique, tels que troubles de la sensibilité, fourmillements, sensation de perte de sensibilité, ont également été décrits.

Les patients hypertendus sensibles au sel et les personnes souffrant de troubles de la fonction rénale ne doivent pas prendre de suppléments de bicarbonate de sodium ni de citrate de sodium. En cas de consommation simultanée de lait, le bicarbonate de sodium et le citrate de sodium peuvent induire un « syndrome lait et alcalins », caractérisé par une augmentation des taux sanguins de calcium et des dépôts de calcium au niveau des reins et d'autres tissus.

Mode d'emploi et posologie

- Bicarbonate de sodium : 0,3 g/kg de poids corporel
- Citrate de sodium : (0,3-) 0,5 g/kg de poids corporel

Dissoudre la poudre dans env. 1.0 l d'eau ou prendre les capsules avec un même volume de liquide environ 60-120 minutes avant l'effort. Selon une étude publiée récemment, le citrate de sodium doit être pris au moins 3 heures avant l'exercice, car la concentration maximale de bicarbonate n'est atteinte que 180 à 210 minutes après l'ingestion ¹³. La prise simultanée d'un repas ou d'une collation riche en glucides permet de réduire les effets secondaires ²⁵. Les gélules gastro-résistantes peuvent également aider à réduire les effets secondaires et à augmenter la concentration de bicarbonate de plasma. Cependant, il convient d'étudier individuellement le moment où le pic de concentration est atteint ²¹.

Il convient de renoncer à toute consommation de lait, de produits laitiers, de suppléments de calcium et d'eaux minérales riches en calcium durant les quelques heures qui précèdent et qui suivent la prise du bicarbonate ou du citrate (risque de « syndrome lait et alcalins »).

Une alternative consiste à prendre du bicarbonate de sodium durant 5 jours. L'augmentation du pouvoir tampon semble conservée durant un à deux jours après l'arrêt. Ceci permet d'éviter les effets indésirables éventuels le jour de la compétition. On ne dispose cependant que de peu de données sur les sujets entraînés. On ne sait pas à ce jour si ce protocole fonctionne chez les athlètes d'élite. Schéma : 0,125 g/kg de poids corporel 4 fois par jour (= 0,5 g par kg de poids corporel et par jour) avec un volume suffisant de liquide, réparties durant la journée avec des intervalles d'au moins trois heures. Ce schéma n'a pas été testé avec le citrate de sodium.

En raison d'une grande variabilité dans le mode d'action des substances tampons, une utilisation individuelle est de plus en plus souvent recommandée ^{12,26,27}. Le moment de la prise de bicarbonate ou de citrate doit être adapté individuellement de manière à obtenir un pH maximal ou une concentration maximale de bicarbonate au moment de la performance. La stratégie d'échauffement doit également être prise en compte ^{27,31}. En outre, le statut d'entraînement et les facteurs génétiques semblent modifier l'efficacité individuelle ³⁰. De plus, la prise devrait être testée au préalable lors d'un entraînement avant d'être utilisée en compétition.

Auteur : Dr. Joëlle Flück
Review : Groupe de travail Guide des Suppléments SSNS
Date : Novembre 2022, Version 2
Validité : Novembre 2025

Sources

- Schmidt RF, Lang F, Heckmann M. *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie*. 31. Auflage ed. Springer Berlin Heidelberg; 2011.
- 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*. Nov 2015;45 Suppl 1:S71-81. doi:10.1007/s40279-015-0397-5
- 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):858-64.
- Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. Sep 2004;287(3):R502-16. doi:10.1152/ajpregu.00114.2004
- Dennig H, Talbott JH, Edwards HT, Dill DB. Effect of Acidosis and Alkalosis Upon Capacity for Work. *J Clin Invest*. Feb 1931;9(4):601-13. doi:10.1172/JCI100324
- Aiken CG. History of medical understanding and misunderstanding of Acid base balance. *J Clin Diagn Res*. Sep 2013;7(9):2038-41. doi:10.7860/JCDR/2013/5230.3400
- Grgic J, Grgic I, Del Coso J, Schoenfeld BJ, Pedisic Z. Effects of sodium bicarbonate supplementation on exercise performance: an umbrella review. *J Int Soc Sports Nutr*. Nov 18 2021;18(1):71. doi:10.1186/s12970-021-00469-7
- Grgic J, Pedisic Z, Saunders B, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: sodium bicarbonate and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr*. Sep 09 2021;18(1):61. doi:10.1186/s12970-021-00458-w
- Hadzic M, Eckstein ML, Schugardt M. The Impact of Sodium Bicarbonate on Performance in Response to Exercise Duration in Athletes: A Systematic Review. *J Sports Sci Med*. 06 2019;18(2):271-281.
- Grgic J, Rodriguez RF, Garofolini A, et al. Effects of Sodium Bicarbonate Supplementation on Muscular Strength and Endurance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med*. Jul 2020;50(7):1361-1375. doi:10.1007/s40279-020-01275-y
- Burke LM. Practical considerations for bicarbonate loading and sports performance. Review. *Nestle Nutrition Institute workshop series*. 2013;75:15-26. doi:10.1159/000345814
- 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*. Jul-Aug 2016;15(4):233-44. doi:10.1249/JSR.0000000000000283
- Mora-Rodriguez R, Hamouti N. Salt and fluid loading: effects on blood volume and exercise performance. Review. *Med Sport Sci*. 2012;59:113-9. doi:10.1159/000341945
- 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*. Nov 6 2019;doi:10.1007/s40279-019-01159-w
- 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. doi:10.1155/2014/145747
- McNaughton L, Thompson D. Acute versus chronic sodium bicarbonate ingestion and anaerobic work and power output. *J Sports Med Phys Fitness*. Dec 2001;41(4):456-62.
- 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*. Sep 1999;80(4):333-6.
- 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*. Oct 2019;40(11):711-716. doi:10.1055/a-0978-5139
- 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*. May 30 2018;10(6)doi:10.3390/nu10060697
- 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*. Sep 18 2019;16(1):41. doi:10.1186/s12970-019-0309-4
- 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*. Jan 24 2019;5(1):4. doi:10.1186/s40798-019-0177-0
- Urwin CS, Snow RJ, Condo D, Snipe R, Wadley GD, Carr AJ. Factors Influencing Blood Alkalosis and Other Physiological Responses, Gastrointestinal Symptoms, and Exercise Performance Following Sodium Citrate Supplementation: A Review. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 03 01 2021;31(2):168-186. doi:10.1123/ijnsnem.2020-0192
- 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*. Aug 24 2016:1-20. doi:10.1123/ijnsnem.2015-0336
- McNaughton L. Sodium citrate and anaerobic performance: implications of dosage. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990;61(5-6):392-7.
- Carr AJ, Slater GJ, Gore CJ, Dawson B, Burke LM. Effect of sodium bicarbonate on [HCO₃-], pH, and gastrointestinal symptoms. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. Jun 2011;21(5):189-94. doi:10.1123/ijnsnem.21.3.189
- Lassen TAH, Lindstrøm L, Lønbro S, Madsen K. Increased Performance in Elite Runners Following Individualized Timing of Sodium Bicarbonate Supplementation. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 11 01 2021;31(6):453-459. doi:10.1123/ijnsnem.2020-0352
- Boegman S, Stellingwerff T, Shaw G, et al. The Impact of Individualizing Sodium Bicarbonate Supplementation Strategies on World-Class Rowing Performance. *Front Nutr*. 2020;7:138. doi:10.3389/fnut.2020.00138
- Sparks A, Williams E, Robinson A, et al. Sodium bicarbonate ingestion and individual variability in time-to-peak pH. *Research in sports medicine (Print)*. Jan-Mar 2017;25(1):58-66. doi:10.1080/15438627.2016.1258645
- Gough LA, Williams JJ, Newbury JW, Gurton WH. The effects of sodium bicarbonate supplementation at individual time-to-peak blood bicarbonate on 4-km cycling time trial performance in the heat. *Eur J Sport Sci*. Nov 21 2021:1-9. doi:10.1080/17461391.2021.1998644
- 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. doi:10.3389/fnut.2018.00035
- Jones RL, Stellingwerff T, Swinton P, Artioli GG, Saunders B, Sale C. Warm-Up Intensity Does Not Affect the Ergogenic Effect of Sodium Bicarbonate in Adult Men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 11 01 2021;31(6):482-489. doi:10.1123/ijnsnem.2021-0076