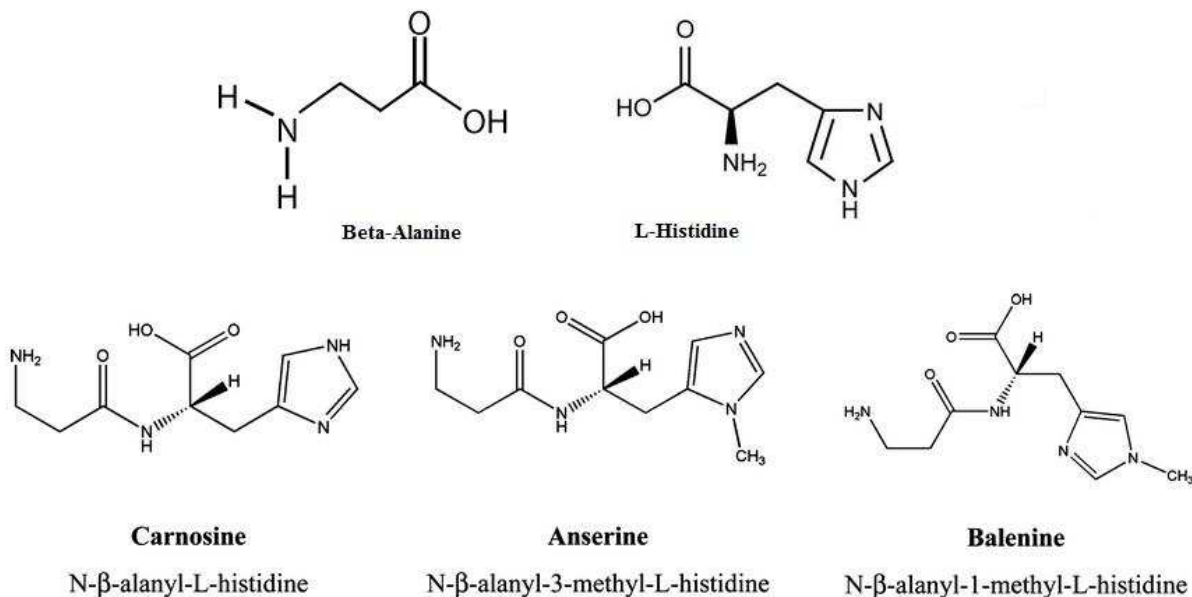


## Beta-Alanin zur Leistungssteigerung: in welchen Sportarten sinnvoll?

Remo P. Jutzeler van Wijlen, Head R&D Sponser Sports Food  
Ing. Appl Food Sciences, MAS Nutrition & Health ETHZ

### Beta-Alanin und Carnosin: Metabolismus, Funktion und allgemeine Wirkung

Beta-Alanin bildet zusammen mit Histidin das hauptsächlich in der Muskulatur und in geringer Konzentration in einigen Hirnregionen vorkommende Dipeptid Carnosin. Histidin ist eine „normale“ Aminosäure, die auch in Proteinen vorkommt. Der Körper bildet beta-Alanin durch den Abbau der DNS-Bestandteile Thymidin und Uracil gebildet oder durch die Nahrung aufgenommen. Es wird vom Körper aber – im Gegensatz zu den essentiellen Aminosäuren – nicht zur Proteinbildung benötigt.



(Modified from: Mora L, Sentandreu MA, Toldrà F. Hydrophilic chromatographic determination of carnosine, anserine, balenine, creatine, and creatinine. *J Agric Food Chem.* (2007) )

Carnosin kommt fast ausschliesslich in Fleisch vor (Lateinisch „carnis“ = Fleisch) und ist in Pflanzen inexistent. Neben Carnosin kommen bei einigen Tieren noch andere in ihrer Funktion gleichwertige Verbindungen wie Anserin oder Balenin vor. Beim Mensch findet sich nur Carnosin. Der Carnosin-Gehalt der Muskulatur liegt beim Mensch im Mittel bei ca. 1 g pro kg Muskel. Der Carnosin-Gehalt kann aber beträchtlich schwanken, je nach:

- Muskelfasertyp (höhere Konzentration in schnellen Muskelfasern)
- Ernährung (tiefer bei Vegetariern)
- Geschlecht (höher bei Männern)
- Alter (Abnahme mit Alter)
- Trainingsstatus (höher bei Sprintern als bei Ausdauersportlern)

Bei der Bildung von Carnosin im Muskel ist beta-Alanin der limitierende Faktor, während Histidin ausreichend vorhanden ist. Daher kann die Carnosin-Synthese erhöht werden, wenn das limitierende beta-Alanin supplementiert wird. Man kann auch Carnosin einnehmen, wobei Carnosin in der Verdauung aber grösstenteils in Histidin und beta-Alanin gespalten wird und somit einer Supplementierung mit beta-Alanin gleichkommt. Aufgrund der deutlich höheren Kosten macht Carnosin als Supplement wenig Sinn, insbesondere weil durch beta-Alanin derselbe Effekt erzielt wird.

Zahlreiche frühere Studien befassten sich mit dem Carnosin-/Anseringehalt in der Muskulatur von Tieren. Carnosin findet sich in höherer Konzentration in den schnellen Muskelfasern, insbesondere in Muskelgruppen bei Tieren welche hohe Belastungen unter Sauerstoffmangel leisten können, z.B. Brustmuskulatur bei Vögeln, in Fischen und Walen, Hinterhand von Pferden, etc. Ein sehr hoher Gehalt findet sich entsprechend auch in Pouletbrust. Hühnerbrühe kann z.B. 3.2 g/640 ml enthalten, was oft als Tagesdosis bei Supplementierungsstudien mit beta-Alanin eingesetzt wurde. Durch die Ein-

nahme von 200 g entsprechendem Fleisch oder Fisch können ebenfalls zwischen 1-3.2 g zugeführt werden, Höchstwerte von über 5 g sind möglich (z.B. blauer Marlin).

Anaerob trainierte Athleten (z.B. 400 m Sprinter) weisen ebenfalls deutlich höhere Carnosin-Werte auf als Ausdauerathleten oder Untrainierte. Inwieweit dies eine langfristige Anpassung ans Training oder ein vorbestehendes Talentmerkmal darstellt, ist bisher unklar.

### Spezifische Wirkung auf die sportliche Leistungsfähigkeit

Die wichtigste Funktion von Carnosin besteht darin Säuren abzupuffern. Im Gegensatz zu einem extrazellulär pufferwirksamen Sodaloading wirkt Carnosin innerhalb der Zelle als Säurepuffer (vgl. *Artikel Sodaloading, auf Anfrage erhältlich*). Höchst interessant ist in diesem Zusammenhang natürlich die kombinierte Anwendung eines Sodaloading und der Supplementierung von beta-Alanin um sowohl die extra- als auch intrazelluläre Pufferkapazität zu verbessern. Diesbezügliche Studien wurden bereits mit vielversprechenden Resultaten durchgeführt [6,7], jedoch gibt es noch methodische Fragen, weswegen ein Nutzen einer kombinierten Supplementierung nicht eindeutig aufgezeigt werden konnte.

Carnosin macht zwar nur rund 7-10% der intrazellulären Pufferkapazität aus, kann aber durch Supplementation um 40-80% erhöht werden [1]. Dabei gibt es Studien, die auf mögliche Leistungsverbesserungen in folgenden Bereichen hinweisen:

- Hochintensive laktazide Belastungen von ca. 1-7 min Dauer (z.B. Rudern, Schwimmen, Leichtathletik)
- Repetitive, hochintensive Belastungen (z.B. Sprintserien, Intervalltraining, Krafttraining)
- Laktazide Startbelastung, Zwischen-Sprints (z.B. Ballsportarten) und am Ende einer Ausdauerbelastung (z.B. Triathlon, Radfahren, Langstreckenlauf).

Neben dem möglichen Einfluss auf die Wettkampfleistung könnte eine verbesserte Belastungstoleranz im Training erreicht werden. Carnosin hat auch antioxidative Eigenschaften, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass Carnosin Eisen (kann Radikale bilden) und andere Metall-Ionen binden kann.

### Metabolismus und Mechanismen der Säurepufferung

Normalerweise weist das Blut einen beinahe neutralen pH um 7,4 und der Magensaft einen sauren pH von ca. 1,8 auf. Im Stoffwechsel beeinflusst der pH die Aktivität von Enzymen, die Bildung und Funktion von Signalsubstanzen und damit auch die Reizleitung in der Muskulatur. Damit dies koordiniert funktionieren kann, muss die Anzahl an positiv geladenen Teilchen (z.B. Wasserstoff-Ionen  $H^+$ , Protonen) über Puffersysteme möglichst konstant gehalten werden. Während über die Nahrung sowie körperliche Aktivität beträchtliche Mengen an Säuren zugeführt, respektive gebildet werden, existieren in und ausserhalb der Zellen spezifische Puffersysteme, welche diese Säuren neutralisieren. Innerhalb der Zellen sind hauptsächlich Phosphat und Proteinpuffer (z.B. Carnosin, Anserin, Beta-Alanin) von Bedeutung. Ausserhalb der Zelle spielt vor allem das Kohlendioxid-Bikarbonat-Puffersystem ( $CO_2/HCO_3^-$ ) eine bedeutende Rolle. Die Puffersysteme innerhalb und ausserhalb der Zelle arbeiten parallel und aufeinander abgestimmt.

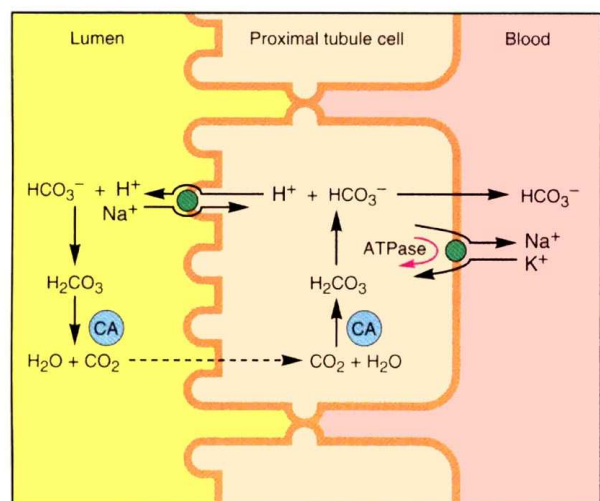


Abb. 1:  $CO_2/HCO_3^-$  Puffersystem

Bei hochintensiven, anaeroben Belastungen kurzer Dauer tragen verschiedene Faktoren zur Ermüdung bei. Es sind dies die Abnahme der Energiespeicher (ATP, Creatin, Glucose), Reizleitungsstörungen im Bereich der Kontraktion/Relaxation, die Überhitzung, die Dehydrierung, die beschränkte Sauerstoffverfügbarkeit sowie die Anhäufung von Wasserstoff-Ionen, Laktat und Ammoniak. Während solchen Belastungsformen kann der pH-Wert im Blut von 7.4 bis 6,8 und in der Zelle von 7.0 bis 6,4

sinken. Diese Spanne reflektiert jeweils den pH-Unterschied zwischen Ruhe und maximaler, laktazider Belastung. Weder die oben beschriebenen Puffersysteme innerhalb noch ausserhalb der Zelle sind kurzfristig in der Lage, die bei diesen Belastungsformen eintretende Säureansammlung und in der Folge den pH-Abfall im Blut zu verhindern. Diese Säureanhäufung beeinträchtigt über verschiedene Mechanismen die körperliche Leistungsfähigkeit, man spricht von „sauren Muskeln“. Als Belastungsindikator wird in der Leistungsdiagnostik der sogenannte Laktatwert gemessen. Bei Spitzensportlern aus anaerob-laktaziden Sportarten sind maximale Laktatwerte über 20 mmol/l nahe an der physiologischen Grenze möglich, während Ausdauersportler üblicherweise eine Laktattoleranz zwischen 4-6 mmol/l aufweisen.

Die unterschiedlichen pH-Werte von Blut und Muskelzellen, als auch die Komplexität des Puffersystems, machen es schwierig das Säurepufferungs-Potential des Körpers mit wirksamen Substanzen zu supplementieren. Solche Substanzen müssen entweder möglichst dem jeweiligen pH entsprechen, oder während der Belastung Protonen neutralisieren und so als indirekter Puffer wirken. Die verbesserte Pufferkapazität soll dabei zu einem erhöhten Wasserstoffionen- und Laktat-Abtransport aus dem Zellinnern führen, den intrazellulären pH stabilisieren und damit die körperliche Leistungsfähigkeit verbessern.



## Funktion und Wirkung einer Supplementierung mit beta-Alanin

Das renommierte Australian Institute of Sports hat beta-Alanin in die Gruppe A seiner Supplemente-Kategorisierungsliste aufgenommen, d.h. die höchste Kategorie bzgl. Wirkungsnachweis und Sicherheit [2]. Die Schweiz ist hier bisher noch nicht gefolgt und listet beta-Alanin noch auf der B-Liste, weil laut antidoping.ch zwar einige Studien ein mögliches Leistungspotential von beta-Alanin andeuten, es aber noch wenig vielversprechende Daten von gut trainierten Athleten gibt, verschiedene Fragen bzgl. Dosierung, Dauer der Supplementierung und genauen Einsatzgebieten noch offen sind, sowie die langfristige Sicherheit noch zu wenig untersucht ist [1]. Seit der Überarbeitung des Fact Sheets Mitte 2011 liegen aber bereits wieder über ein halbes Dutzend Studien vor, welche die potentielle Leistungssteigerung an Sportlern untersuchten. Unter anderem konnten Leistungsverbesserungen bei Intervallbelastungen auf dem Rad, bei 800 m Läufen sowie in Schlagkraft und –Frequenz bei Boxern gezeigt werden [3,4,5]. Allerdings gibt es auch Hinweise, dass möglicherweise eine Supplementierung mit beta-Alanin die maximale Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2</sub>max) reduziert. Dies wurde bei einer Einnahme von 6 g beta-Alanin täglich über 4 Wochen gefunden. Im Ausdauerbereich ist der Einsatz von beta-Alanin daher u.U. nachteilig und sollte gut überprüft werden.

Die Leistungsverbesserungen scheinen denn auch umso deutlicher auszufallen, je stärker die belastungsinduzierte, metabolische Azidose („Übersäuerung“) ausgeprägt ist. Dies bedeutet in der Praxis, dass anaerobe Belastungen gewohnte Sportler wie Mittelstreckenläufer, Ruderer, Schwimmer, Skifahrer, etc. deutlich mehr von einer Supplementierung profitieren als z.B. ausdauerbewohnte Athleten wie Langstreckenläufer, Triathleten, Radfahrer. Dies weil anaerobe Leistungen erbringende Sportler trainingsbedingt eine deutlich höhere Laktat-Toleranz als Ausdauersportler aufweisen. Aber anaerob-laktazide Belastungen kommen oft auch in der Startphase von Ausdaueranlässen vor, wo es darum geht sich eine günstige Startposition zu erkämpfen (z.B. Triathlon, MTB-Rennen).

Eine weitere Sportlergruppe, welche einen potentiellen Nutzen aus einer beta-Alanin Supplementierung ziehen kann, sind solche mit repetitiven Intervall-Belastungen. Dies gilt für viele Team-, Ball- und Kampfsportarten. Auch für Kraftsportler ist beta-Alanin höchst interessant, da das isolierte Trainieren weniger Muskeln lokal sehr hohe Laktatwerte erzeugt, welche raschmöglichst wieder abtransportiert werden müssen. Bleibt der Muskel zu lange sauer, kann der nächste Satz nicht genügend rasch und nicht mit ausreichender Belastung durchgestanden werden.

Aufgrund der Wirkungsweise einer erhöhten Pufferkapazität erscheint klar, dass nicht zwingend der individuell erreichbare Laktatwert eines Sportlers, sondern primär die Laktattoleranz erhöht wird. Dies bedeutet, dass der Sportler mit dem durch seine Trainingsadaptation erarbeiteten, individuellen Laktatwert eine Belastung länger durchhalten oder eine höhere Leistung erbringen kann. Die gefühlte Belastung für den Sportler wird damit nicht unbedingt als geringer empfunden.

Es ist ausserdem eine deutlich schnellere Erholung zu erwarten, weil der Säureabtransport durch die erhöhte Puffer-Kapazität beschleunigt abläuft. Also schnelleres Verschwinden des „steifen“ Muskelgefühls nach der Belastung und raschere Erholungsfähigkeit. Letzteres ist natürlich auch wieder ein interessanter Aspekt für Ausdauersportler.

## Dosierung und Einnahme

In den bisherigen Studien wurden meistens Dosierungen um 3.2-6.4 g beta-Alanin pro Tag, auf 2-4 Einzeldosierungen von 800-1600 mg über den Tag verteilt, eingenommen. Dies vor dem Hintergrund, dass beta-Alanin bei Dosierungen von mehr als 800 mg/Portion zu starken Erhöhungen der Blutkonzentration führt, was häufig mit Parästhesie (Hautkribbeln, hpts. am Kopf) einhergeht. Daher sollten nicht mehr als 800 mg oder ca. 10 mg pro kg Körpergewicht auf einmal eingenommen werden, sondern durch mind. 2 h getrennt sein. Retardiertes, oft als „slow-release“ oder ähnlich bezeichnetes beta-Alanin wird langsamer ins Blut aufgenommen und erlaubt Dosierungen bis 1600 mg pro Einzeldosis, was die Supplementierung vereinfacht und meist ohne Parästhesie-Symptome funktioniert. Die Einnahme mit einer Mahlzeit verlangsamt ebenfalls die Aufnahme und vermindert oder eliminiert diese Nebenwirkung. So können z.B. 2 x 1.6 g (morgens und abends) eingenommen werden. Durch die langsame beta-Alanin-Freisetzung werden die Nebeneffekte trotz erhöhter Einzeldosis reduziert. Viele Studien haben in der ersten Supplementierungswoche eine reduzierte Dosis eingesetzt, um eine Angewöhnung zu erlauben und Nebeneffekte zu reduzieren. Eine Supplementierung benötigt 4-10 Wochen. Damit kann eine Erhöhung der Carnosin-Speicher um ca. 40-80% erreicht werden.

Weil Carnosin im Muskel nicht abgebaut und nur sehr langsam ausgeschieden wird, dauert es nach dem Absetzen von beta-Alanin bis zu 4 Monate, bis die Carnosin-Level wieder auf dem Ausgangsniveau sind. Es ist bisher nicht bekannt, welche Dosierungen über welche Zeiträume für den optimalen oder maximalen Effekt benötigt werden, welche Dosis für eine Ladungserhaltung benötigt wird oder wie lange die Ladung überhaupt aufrechterhalten werden kann/soll, bzw. ob längere Supplementierungen Nebenwirkungen haben. Darum wird nach einer Ladephase von z.B. 2 - 4 Monaten vorläufig eine Absetzphase von ca. 4 Monaten empfohlen.

Ein mögliches Supplementierungsprotokoll könnte folgendermassen aussehen:

1. Woche: 2 x täglich 800 mg „slow-release“ beta-Alanin
- 2.-10. Woche: 4 x täglich 800 mg (0.8 g) beta-Alanin (oder maximal 10 mg/kg)  
**oder** 2 x täglich 1600 mg „slow-release“ beta-Alanin

Einnahme morgens und abends zusammen mit einer Mahlzeit, Absetzphase 4 Monate.

## Quellen

- [1] antidoping.ch, Fact Sheet „Carnosin und beta-Alanin“:  
[http://www.antidoping.ch/sites/default/files/downloads/2014/111212\\_fb\\_carnosin\\_beta-alanin.pdf](http://www.antidoping.ch/sites/default/files/downloads/2014/111212_fb_carnosin_beta-alanin.pdf)
- [2] Aust Inst Sports (AIS): <http://www.ausport.gov.au/ais/nutrition/supplements/groupa>
- [3] Gross et al, 2014: Effects of beta-alanine supplementation and interval training on physiological determinants of severe exercise performance. Eur J Appl Physiol, 114:221-34
- [4] Ducker et al, 2013: Effect of beta-alanine supplementation on 800-m running performance. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 23:554-61
- [5] Donovan et al, 2012: beta-alanine improves punch force and frequency in amateur boxers during a simulated contest. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 22:331-7
- [6] Sale et al, 2011: Effect of beta-alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. Med Sci Sports Exerc, 43(10):1972-8
- [7] Danaher et al, 2014: The effect of beta-alanine and NaHCO<sub>3</sub> co-ingestion on buffering capacity and exercise performance with high-intensity exercise in healthy males. Eur J Appl Physiol, 114:1715-24