Carnitin

L-Carnitin

Klassifizierung

B Supplement

Supplemente mit Potenzial für den Einsatz im Sport, aber für die es (noch?) nicht ausreichend aussagekräftige Untersuchungen gibt. Die B-Supplemente sind zum Zeitpunkt ihrer Evaluierung nicht in die A-Gruppe, aber auch nicht in die C- oder D-Gruppe klassifizierbar. Die Einnahme von B-Supplementen sollte nur zu Forschungszwecken oder in Begleitung einer Fachperson und abgestimmt auf die spezifische, individuelle Situation erfolgen. Bei unsachgemässer Nutzung eines B-Supplementes ohne Anpassung an die individuelle Situation wird das Supplement automatisch zu einem C-Supplement.

Allgemeine Beschreibung

Tierische Nahrungsmittel wie Fleisch und Milchprodukte sind die wichtigsten Carnitinlieferanten, wobei rotes Fleisch am meisten Carnitin enthält. Rindfleisch enthält beispielsweise 369 bis 465 µmol Carnitin (60 bis 75 mg) pro 100 g [1]. In einer Schweizer Studie lag die Zufuhr bei omnivorer Ernährung bei 50 mg/Tag und bei vegetarischer bei 4 mg/Tag [2].

Metabolismus, Funktion, allgemeine Wirkung

Carnitin wird im Körper, insbesondere in Leber und Niere, aus den Aminosäuren Methionin und Lysin gebildet, wobei die Eigensynthese bei ca. 10-20 mg pro Tag liegt [3]. Selbst gebildetes oder über die Nahrung aufgenommenes Carnitin gelangt ins Blut und wird zu den verschiedenen Geweben transportiert [3].

Der Carnitinspeicher im Körper beträgt ungefähr 20 g. Davon befinden sich 95 % in der Skelett- und 3 % in der Herzmuskulatur [3,4]. Da Carnitin keinen Abbauvorgängen unterliegt und in der Niere zurück ins Blut resorbiert wird, sind die täglichen Verluste über den Urin gering [3]. Diese Verluste sind abhängig von Geschlecht, Alter, Ernährungsweise (z.B. vegane Ernährung) und der körperlichen Aktivität [5].

Vegetarier haben rund 20 % weniger Carnitin im Blut und in der Muskulatur [6,7]. Trotz Reduktion der Zufuhr sieht man bei Frauen keine Gehaltsänderungen in den Kompartimenten nach drei oder sechs Monaten. [8]. Männer haben im Vergleich zu Frauen tendenziell mehr Carnitin im Blut und in der Muskulatur [9].

In den Zellen wird Carnitin benötigt, um Fettsäuren in die Mitochondrien (die Kraftwerke der Zellen) zu transportieren, wo die Fettsäuren zur Energiegewinnung abgebaut werden [10]. Das Carnitin seinerseits wird wieder zurücktransportiert und kann für weitere Transportvorgänge genutzt werden. Es wird somit in diesem Prozess nicht verbraucht.

Spezifische Wirkung auf sportliche Leistungsfähigkeit

Aufgrund seiner Bedeutung im Fettstoffwechsel wurde Carnitin zu einem beliebten Supplement, um die Fettverbrennung zu fördern. Erst nachdem aufgezeigt werden konnte, dass bei sehr hohen Insulinwerten eine erhöhte Carnitinaufnahme in den Muskel möglich ist und der Stoffwechsel damit tatsächlich zugunsten einer erhöhten Fettverbrennung beeinflusst werden konnte, erwachte das Interesse an Carnitin wieder. Zuerst wurde eine erhöhte Carnitinaufnahme in den Muskel mit Infusionen [11] erzielt (Infusionen >100 ml innert 12 Stunden sind von der WADA verboten), später auch bei oraler Einnahme [12]. Aufgrund der schlechten Bioverfügbarkeit muss mindestens während drei Monaten supplementiert werden, um die Carnitinspeicher zu erhöhen [13]. In den genannten Studien wurden 2-3 g Carnitin pro Tag (aufgeteilt auf mindestens zwei Portionen pro Tag) mit rund 80-100 g schnell verfügbaren Kohlenhydraten kombiniert. Dies entspricht einer grossen kohlenhydratreichen Mahlzeit.

Ob damit die Leistung beeinflusst werden kann, wurde bisher erst in wenigen Studien untersucht. Keine Relevanten Leistungsverbesserungen, welche sich ins reale Leben übertragen lassen, konnten dabei gezeigt werden [2, 5, 14,15]. Im Review von Mielgo-Ayuso et al. (2021) kann man in der Tabelle 3 klar erkennen, dass nur wenige der Studien positive Effekte zeigten und dies bei ganz unterschiedlichen Studienbedingungen.

Die mögliche Wirkung von Carnitin bezüglich einer relevanten Reduktion des Körperfettanteils konnte nie bestätigt werden [16]. Ein systematischer Review zeigte eine Reduktion des Körpergewichts, wobei der Effekt bei Studien, welche mit Übergewichtigen durchgeführt wurde, am grössten war [16]. Gerade weil Carnitin nur mit grossen Mengen schnell verfügbarer Kohlenhydrate (z.B. Zucker) über mehrere Monate hinweg überhaupt aufgenommen werden kann, ist ein Einsatz bei einer gewollten Gewichtsreduktion grundsätzlich fraglich.

Einige Studien deuten darauf hin, dass Carnitin möglicherweise gewisse antioxidative und entzündungshemmende Eigenschaften hat oder zelluläre Schäden und Muskelkater nach Überlastungen reduzieren kann [17,18]. In einer Meta-Analyse wurde beschrieben, dass nach Carnitin Supplementierung es weniger Muskelschmerzen gab sowie die Kreatinkinase in den Stunden nach der sportlichen Belastung geringer ausfiel [19]. Die praktische Bedeutung der bisher verfügbaren Studien ist jedoch schwierig abzuschätzen. Ob Carnitin bei spezifisch trainierten Athleten Erholungsprozesse im Trainingsaufbau unterstützen könnte, kann nicht beurteilt werden [20].

Mögliche Nebenwirkungen

In einer Studie wurden bei täglich 6 g über ein Jahr keine Nebenwirkungen beobachtet [21]. Auch bei den üblichen Dosierungen von 2 - 3 g pro Tag sind keine Nebenwirkungen bekannt [22]. Carnitin kommt in einer so genannten D- und L-Form vor, wobei die L-Form der physiologisch aktiven Struktur entspricht. D-Carnitin ist eine biologisch inaktive Form, welche auch toxische Eigenschaften haben kann, kann somit die Transportfunktion von L-Carnitin einschränken oder die L-Carnitinspeicher entleeren [10]. Aus diesen Gründen sollte nur reines L-Carnitin von pharmazeutischer Qualität als Supplement verwendet werden.

Da im Carnitin-Metabolismus Trimethylaminoxid (TMAO) entstehen kann und TMAO ein Risikofaktor für Herz-Kreislauferkrankungen darstellt, könnte eine Supplementation zu einer höheren Gefahr für Herz-Kreislauferkrankungen führen [14]. Ob diese Gefahr auch im Setting des Sports besteht, ist unklar.

Anwendung und Dosierung

In den meisten Studien wurden pro Tag 2 - 3 g L-Carnitin, auf zwei Portionen pro Tag aufgeteilt, eingenommen. Hinweis: 2 g L-Carnitin entspricht 3 g L-Carnitin-Tartrat, dem häufigsten L-Carnitin Supplement.

Damit L-Carnitin in die Muskelzelle aufgenommen werden kann, ist eine hohe Insulinkonzentration notwendig [1, 4, 9]. Dafür wurden in den Studien zusammen mit dem L-Carnitin ca. 80 - 100 g schnell verfügbare Kohlenhydrate (z.B. Zucker oder Zuckerlösung) eingenommen. Die Supplementierungsdauer betrug dabei ca. 6 Monate.

Inwieweit die Einnahme zusammen mit normalen Mahlzeiten anstelle der separaten hochdosierten Kohlenhydratsupplemente ebenfalls funktioniert, kann bisher nicht beantwortet werden. Aufgrund des hohen Risikos einer Gewichtszunahme durch die extra für das L-Carnitin eingenommenen Kohlenhydratmengen, ist es jedoch empfehlenswert, L-Carnitin zusammen mit Frühstück und Abendessen einzunehmen, so dass die dort enthaltenen Kohlenhydrate (und Proteine) die Carnitinaufnahme unterstützen. Für genaue Supplementierungsempfehlungen sind jedoch noch weitere Studien notwendig.

Die Zugabe von L-Carnitin in Sportgetränken bringt vermutlich keine Vorteile, da während Belastungen praktisch kein Insulinanstieg stattfindet und das L-Carnitin nicht aufgenommen werden kann [1, 8, 9].

Abschliessende Bemerkung

In den letzten Jahren konnte aufgezeigt werden, dass L-Carnitin zusammen mit Kohlenhydraten über mehrere Monate supplementiert werden muss, damit es in den Muskel aufgenommen werden kann - und dass damit tatsächlich Stoffwechselprozesse beeinflusst werden können [12,23-25] . Allerdings bleibt offen, ob und wie L-Carnitin die Leistung beeinflussen könnte. Aufgrund des neuen Wissens und aufgrund von wenig Nebenwirkungen durch (reines) L-Carnitin Supplementation bleibt L-Carnitin ein potenziell interessantes Supplement, das weiter untersucht werden sollte.

Verfasser: Dr. Joëlle Flück

Review: AG Supplementguide der SSNS

Datum: Dezember 2024, Version 3.0

Gültigkeit: Dezember 2027

Quellen

1. Rigault C, Mazué F, Bernard A, Demarquoy J, Le Borgne F. Changes in l-carnitine content of fish and meat during domestic cooking. *Meat Sci*. Mar 2008;78(3):331-5. doi:10.1016/j.meatsci.2007.06.011
2. Novakova K, Kummer O, Bouitbir J, et al. Effect of L-carnitine supplementation on the body carnitine pool, skeletal muscle energy metabolism and physical performance in male vegetarians. *Eur J Nutr*. Feb 2016;55(1):207-17. doi:10.1007/s00394-015-0838-9
3. Bremer J. Carnitine--metabolism and functions. *Physiol Rev*. Oct 1983;63(4):1420-80. doi:10.1152/physrev.1983.63.4.1420
4. Brass EP. Pharmacokinetic considerations for the therapeutic use of carnitine in hemodialysis patients. *Clin Ther*. 1995 Mar-Apr 1995;17(2):176-85; discussion 175. doi:10.1016/0149-2918(95)80017-4
5. Steiber A, Kerner J, Hoppel CL. Carnitine: a nutritional, biosynthetic, and functional perspective. *Mol Aspects Med*. 2004 Oct-Dec 2004;25(5-6):455-73. doi:10.1016/j.mam.2004.06.006
6. Stephens FB, Marimuthu K, Cheng Y, et al. Vegetarians have a reduced skeletal muscle carnitine transport capacity. Research Support, Non-U.S. Gov't. *Am J Clin Nutr*. Sep 2011;94(3):938-44. doi:10.3945/ajcn.111.012047
7. Novakova K, Kummer O, Bouitbir J, et al. Effect of L-carnitine supplementation on the body carnitine pool, skeletal muscle energy metabolism and physical performance in male vegetarians. *Eur J Nutr*. Feb 2016;55(1):207-17. doi:10.1007/s00394-015-0838-9
8. Blancquaert L, Baguet A, Bex T, et al. Changing to a vegetarian diet reduces the body creatine pool in omnivorous women, but appears not to affect carnitine and carnosine homeostasis: a randomised trial. *Br J Nutr*. 04 2018;119(7):759-770. doi:10.1017/S000711451800017X
9. Harper P, Wadström C, Cederblad G. Carnitine measurements in liver, muscle tissue, and blood in normal subjects. *Clin Chem*. Apr 1993;39(4):592-9.
10. Pekala J, Patkowska-Sokola B, Bodkowski R, et al. L-carnitine--metabolic functions and meaning in humans life. *Curr Drug Metab*. Sep 2011;12(7):667-78.
11. Stephens FB, Constantin-Teodosiu D, Laithwaite D, Simpson EJ, Greenhaff PL. Insulin stimulates L-carnitine accumulation in human skeletal muscle. Research Support, Non-U.S. Gov't. *FASEB J*. Feb 2006;20(2):377-9. doi:10.1096/fj.05-4985fje
12. Wall BT, Stephens FB, Constantin-Teodosiu D, Marimuthu K, Macdonald IA, Greenhaff PL. Chronic oral ingestion of L-carnitine and carbohydrate increases muscle carnitine content and alters muscle fuel metabolism during exercise in humans. *J Physiol (Lond)*. Feb 15 2011;589(Pt 4):963-73. doi:10.1113/jphysiol.2010.201343
13. Sawicka AK, Renzi G, Olek RA. The bright and the dark sides of L-carnitine supplementation: a systematic review. *J Int Soc Sports Nutr*. Sep 21 2020;17(1):49. doi:10.1186/s12970-020-00377-2
14. Gnoni A, Longo S, Gnoni GV, Giudetti AM. Carnitine in Human Muscle Bioenergetics: Can Carnitine Supplementation Improve Physical Exercise? *Molecules*. Jan 01 2020;25(1)doi:10.3390/molecules25010182

15. Mielgo-Ayuso J, Pietrantonio L, Viribay A, Calleja-González J, González-Bernal J, Fernández-Lázaro D. Effect of Acute and Chronic Oral l-Carnitine Supplementation on Exercise Performance Based on the Exercise Intensity: A Systematic Review. *Nutrients*. Dec 03 2021;13(12)doi:10.3390/nu13124359
16. Talenezhad N, Mohammadi M, Ramezani-Jolfaie N, Mozaffari-Khosravi H, Salehi-Abargouei A. Effects of l-carnitine supplementation on weight loss and body composition: A systematic review and meta-analysis of 37 randomized controlled clinical trials with dose-response analysis. *Clin Nutr ESPEN*. 06 2020;37:9-23. doi:10.1016/j.clnesp.2020.03.008
17. Huang A, Owen K. Role of supplementary L-carnitine in exercise and exercise recovery. *Med Sport Sci*. 2012;59:135-42. doi:10.1159/000341934
18. Fathizadeh H, Milajerdi A, Reiner Ž, et al. The effects of L-carnitine supplementation on indicators of inflammation and oxidative stress: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Diabetes Metab Disord*. Dec 2020;19(2):1879-1894. doi:10.1007/s40200-020-00627-9
19. Yarizadh H, Shab-Bidar S, Zamani B, Vanani AN, Baharlooi H, Djafarian K. The Effect of L-Carnitine Supplementation on Exercise-Induced Muscle Damage: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *J Am Coll Nutr*. 07 2020;39(5):457-468. doi:10.1080/07315724.2019.1661804
20. Fielding R, Riede L, Lugo JP, Bellamine A. l-Carnitine Supplementation in Recovery after Exercise. *Nutrients*. Mar 13 2018;10(3)doi:10.3390/nu10030349
21. Di Iorio BR, Guastaferro P, Cillo N, Cucciniello E, Bellizzi V. Long-term L-carnitine administration reduces erythropoietin resistance in chronic hemodialysis patients with thalassemia minor. *Drug target insights*. 2007;2:1-7.
22. Davani-Davari D, Karimzadeh I, Sagheb MM, Khalili H. The Renal Safety of L-Carnitine, L-Arginine, and Glutamine in Athletes and Bodybuilders. *J Ren Nutr*. 05 2019;29(3):221-234. doi:10.1053/j.jrn.2018.08.014
23. Spriet LL. New insights into the interaction of carbohydrate and fat metabolism during exercise. Review. *Sports Med*. May 2014;44 Suppl 1:S87-96. doi:10.1007/s40279-014-0154-1
24. Gonzalez JT, Stevenson EJ. New perspectives on nutritional interventions to augment lipid utilisation during exercise. Review. *Br J Nutr*. Feb 2012;107(3):339-49. doi:10.1017/S0007114511006684
25. Stephens FB, Constantin-Teodosiu D, Laithwaite D, Simpson EJ, Greenhaff PL. An acute increase in skeletal muscle carnitine content alters fuel metabolism in resting human skeletal muscle. *J Clin Endocrinol Metab*. Dec 2006;91(12):5013-8. doi:10.1210/jc.2006-1584