

Antioxidantien im Ausdauersport

Multivitamin-Präparate sowie Supplemente mit hoher Vitamin C Dosierung kommen im Sport sehr häufig zum Einsatz. Ist ein solcher Einsatz jedoch physiologisch sinnvoll und gerechtfertigt?

Was ist oxidativer Stress?

Oxidativer Stress ist die Entstehung oder das übermässige Vorhandensein von sogenannten reaktiven Sauerstoffverbindungen. Solche Verbindungen enthalten mindestens ein Sauerstoffatom und es fehlt meist an einem Valenzelektron, d.h. solche Verbindungen sind sehr «reaktionsfreudig». Diese entstehen beispielsweise während einer Ausdauertrainingseinheit durch verschiedene Vorgänge in den Mitochondrien, den Kraftwerken der Zelle. Der Körper besitzt jedoch die Funktion, den oxidativen Stress durch andere Stoffe wieder auszugleichen, welche die reaktiven Verbindungen neutralisieren. Diese Stoffe nennt man Antioxidantien. Einige davon können vom Körper selbst synthetisiert, während andere über die Ernährung aufgenommen werden. Wird der oxidative Stress grösser als die Kapazität, diesen innert kurzer Frist zu neutralisieren, so kann es in den Zellen zu Schäden kommen. Ob es zu diesen Schäden kommt oder gar ein positiver Effekt für den Körper durch den oxidativen Stress kommt, hängt von verschiedenen Faktoren wie zum Beispiel die Trainingsdauer oder -intensität oder den Ernährungsstatus der Person an.

Oxidativer Stress und Training

Regelmässiges Training verbessert die Funktion verschiedener Körperorgane und -funktionen. Eines dieser plastischen Organe ist die Muskulatur, welche sich stets an neue Gegebenheiten wie neue Trainingsreize anpasst. Man weiss, dass Ausdauertraining sowie auch Krafttraining durch den Aufbau von Muskelmasse wesentliche Effekte auf die oxidative Kapazität der Muskulatur ausüben [1]. Die Muskulatur wird vermehrt einem oxidativen Stress ausgesetzt und passt sich an. Aus diesem Grund sind Supplemente, welche den durch einen Trainingsreiz verursachten oxidativen Stress hemmen, möglicherweise nicht leistungsfördernd – oder gar kontraproduktiv [2].

Das Training selbst reguliert die Abwehr eines solchen oxidativen Stress und fördert die körperliche Fähigkeit, damit umzugehen. So verbessert sich schlussendlich die Leistungsfähigkeit, weil der Körper immer besser mit diesem Stress, auch unter extremen Situationen wie unter maximaler Belastung, umgehen kann.

Was sind Antioxidantien?

Antioxidantien sind chemische Strukturen, welche reaktive Sauerstoffverbindungen neutralisieren und eliminieren können. Es gibt sehr viele verschiedene Antioxidantien, die entweder im Körper selbst gebildet werden oder die wir über die Nahrung aufnehmen. Das bekannteste Antioxidans ist wohl das Vitamin C, aber auch Vitamin E oder Polyphenole sind Antioxidantien.

Vitamin C

Hintergrundinformationen zum Vitamin C gibt es im entsprechenden Infoblatt. Im Sport gilt das Interesse am Vitamin C wegen seiner Rolle im Immunstoffwechsel (→Hot Topic Immunfunktion im Sport) und eben als Antioxidans zum Schutz beim

oxidativen Stress. Jedoch weiss man mittlerweile, dass genau diese reaktiven Sauerstoffverbindungen benötigt werden, um nach einer Trainingseinheit eine Trainingsanpassung zu ermöglichen. Aus diesem Grund kann eine Supplementierung mit Vitamin C die Leistung auch beeinträchtigen bzw. Trainingsanpassungen verhindern oder minimieren.

Wissenschaftliche Studien mit chronischer Vitamin C Supplementierung kamen entsprechend zum Schluss, dass sich die Leistung nach mehreren Wochen mit einer hohen Dosierung an Vitamin C (500 bis 1000 mg pro Tag) verschlechterte [3]. Aus diesem Grund schlagen Braakhuis et al. vor, weniger als 500 mg Vitamin C pro Tag zu sich zu nehmen. Ein Autor empfiehlt [4], den Bedarf an Vitamin C für Athleten auf ca. 200 mg Vitamin C pro Tag anzuheben (aktueller Tagesbedarf nach D-A-CH ist 110 mg pro Tag [5]). Dieser Bedarf sollte jedoch nach Möglichkeiten über verschiedenste Vitamin C Quellen, wie beispielsweise den Früchten, gedeckt werden.

Inwiefern eine kurzzeitige Supplementierung (beispielsweise vor Auftreten einer Erkältung oder während eines Trainingslagers) mit sehr hoher Vitamin C Dosierung (> 500 mg pro Tag) einen positiven oder negativen Effekt auf die Leistung ausübt, ist heute noch unklar. Dies soll zukünftig wissenschaftlich weiter untersucht werden [3].

Querzetin

Querzetin ist ein Antioxidans, welches gehäuft in Nahrungsmitteln wie rote Zwiebeln, Dill, Äpfeln und Kapern vorkommt [6]. In Untersuchungen setzt man jedoch reines Querzetin ein und arbeitet nicht mit diesen Nahrungsmitteln. Querzetin übt einen Einfluss auf die Mitochondrien aus und könnte daher unter Belastung das subjektive Empfinden der Belastung senken [7].

Die Zusammenfassung aller gut konzipierten Studien zu den Effekten einer Querzetin Supplementierung auf die Leistung zeigte jedoch nur geringe Effekte im Bereich von 0.5 bis 3 % Leistungsverbesserung [8-11]. Ein solch geringer Effekt kann im Leistungssport eine entscheidende Rolle spielen. Diese wenigen Studien deuten an, dass eine Supplementierung mit Querzetin über einen längeren Zeitraum durchaus leistungssteigernde Effekte auf die Ausdauerleistung haben könnte. Jedoch bleibt festzuhalten, dass in Zukunft noch mehr Studien notwendig sind, welche den akuten Effekt einer Querzetin Supplementierung genauer untersuchen.

Vitamin E

Hintergrundinformationen zum Vitamin E gibt es im entsprechenden Infoblatt. Es ist ein fettlösliches Antioxidans, welches die Zelle gegen die oxidative Zerstörung der Zellwände schützen kann. Die meisten Studien, welche den Einfluss einer längerfristigen Vitamin E Einnahme auf die Leistungsfähigkeit untersucht haben, fanden eher einen nachteiligen Effekt als eine Verbesserung der Leistung [12]. Auch die Erholungsfähigkeit nach belastungsinduzierten Muskelschäden scheint durch Vitamin E und C nicht beeinflusst zu sein [13]. Aus diesem Grund wird empfohlen, dass Athleten auf die Einnahme von Vitamin E oder eine Kombination von Vitamin E mit anderen Präparaten verzichten.

Zwei Studien [12] wurden in der Höhe über 1500 m durchgeführt und zeigten einen positiven Effekt von langfristiger Vitamin E Einnahme bei Athleten. Jedoch reicht auch die Datenlage nicht aus, um Vitamin E bei Aufhalten in der Höhe zu empfehlen.

Resveratrol

Resveratrol ist ein natürlich vorkommendes Antioxidans, welches vor allem im Rotwein enthalten ist. Resveratrol hat einen direkten Einfluss auf die Entstehung der Mitochondrien. Dies wiederum könnte sich positiv auf die Ausdauerleistung auswirken [12]. Bisher wurde der Effekt jedoch nur bei Ratten untersucht und die Resultate zeigten keinen eindeutigen Einfluss auf die Ausdauerleistung. Aus diesem Grund müssen weitere Studien bei Menschen durchgeführt werden, um den Einsatz von Resveratrol im Ausdauersport neu zu beurteilen.

Randensaft

Randensaft enthält neben anderen Stoffen auch eine grosse Menge an Antioxidantien wie Betalain und Polyphenolen. Verglichen mit anderen Lebensmitteln ist der Gehalt von Polyphenolen im Randensaft besonders hoch [14]. Neben diesen Inhaltsstoffen enthält Randensaft auch eine grosse Menge an Nitrat, welches wiederum einen positiven Effekt auf die Leistungsfähigkeit ausüben könnte (siehe Faktenblatt Randensaft im Supplementguide). Es konnte zwar eine leistungssteigernde Wirkung einer Randensaft Supplementation auf die Ausdauerleistung beobachtet werden, jedoch war der Effekt sehr gering und er war bei Nicht-Athleten grösser als bei Athleten. Momentan gibt es jedoch sehr wenige Studien, welche eine Kombination von Nitrat und den anderen Inhaltsstoffen (z.B. im Randensaft) gegenüber der Wirkung von Nitrat in Wasser gelöst untersucht haben. Aus diesem Grund kann man noch nicht sagen, ob die Supplementation von Randensaft wirkungsvoller ist als die Supplementation mit Nitrat allein.

Citrullin

Citrullin kommt in Wassermelonen vor und wirkt ebenfalls wie das Nitrat im Randensaft auf den Stickstoffmonoxid-Stoffwechsel ein. Es sind weniger Studien verfügbar, welche die Effekte einer Supplementation auf die Leistungsfähigkeit untersucht haben als für Nitrat bzw. Randensaft. Die verfügbaren Studien zeigen jedoch geringe bis keine positiven Effekte auf die Leistungsfähigkeit [15-18]. Eine Supplementation mit Citrullin im Ausdauersport wird deshalb nicht empfohlen.

Polyphenole

Polyphenole können unabhängig von ihrer antioxidativen Kapazität die Produktion von Stoffen erhöhen, welche die Blutgefässe erweitern. Aus diesem Grund scheinen Polyphenole den Blutdruck zu reduzieren [19]. Viele Studien haben aus diesen Gründen auch die Effekte einer Polyphenol Supplementation auf verschiedene leistungsbestimmende Faktoren untersucht. Einige Studien konnten positive, leistungssteigernde Effekte aufzeigen [12]. Jedoch bleibt unklar, ob diese positiven Auswirkungen aufgrund der längerfristigen Einnahme oder aufgrund der letzten akuten Dosierung aufgetreten sind. Die Einnahme von Cocoa Flavonol beispielsweise zeigte in verschiedenen Studien keine positiven Auswirkungen auf die Leistung [20]. Andere Studien zeigen positive Auswirkungen in der Erholungsphase von sportlichen Leistungen [21, 22]. Aus diesem

Grund sind zwingend Studien nötig, welche eine akute Polyphenol Supplementation und deren Auswirkungen auf die Leistung und Erholung weiter untersuchen.

Spirulina

Spirulina ist eine Blaualge. Sie besitzt antioxidative Fähigkeiten, welche das Level von reaktiven Sauerstoffmolekülen reduzieren könnte und sich daher positiv auf die Muskelermüdung auswirken. Erst sehr wenige Studien wurden zur Spirulina-Supplementation durchgeführt. Zwei von drei Studien [23, 24] zeigten moderate Leistungsverbesserung nach Supplementation und die dritte Studie zeigte eine klare Erhöhung der Kraft [25]. Alle drei Studien hatten aber methodische Schwächen und auch hier war nicht klar, ob der Effekt aufgrund der längerfristigen Einnahme oder aufgrund einer akuten Dosierung zustande gekommen ist. Aus diesen Gründen wird die Einnahme von Spirulina bei Athleten nicht empfohlen [12, 26].

N-Acetylcystein

Auch das N-Acetylcystein (NAC) ist ein effektives Antioxidans. Es vermag den oxidativen Stress im Körper zu reduzieren. Die Substanz scheint die Muskelermüdung zu beeinflussen [27] und eine chronische Einnahme ist aus diesem Grund nicht sinnvoll. Nur etwa 6-10 % des eingenommenen NAC wird vom Körper aufgenommen [28]. Deshalb wurden viele Studien mit intravenöser Supplementation durchgeführt, um die Aufnahme zu erhöhen. Solche Infusionen (> 100 ml) sind jedoch bei Athleten durch die WADA (World Antidoping Agency) gemäss Liste verbotener Substanzen oder Methoden nicht erlaubt. Die Studien zeigten kleine bis moderate Effekte der Infusion auf die Verbesserung der Ausdauerleistung. Weiter wurden andere Studien durchgeführt, in welchen NAC in kleinen Dosen als Kapsel zugeführt wurde [29-31]. Diese Studien zeigten trotz der niedrigen Absorptionsrate einen geringen leistungssteigernden Effekt. Da die wissenschaftliche Datenlage und der Effekt so gering waren [32, 33], sind momentan keine klaren Empfehlungen zur NAC-Supplementation bei Athleten möglich. Zudem sind mit steigender Dosierung häufiger Nebenwirkungen zu beobachten [32].

Fazit: Antioxidantien im Ausdauersport

Antioxidantien unterstützen den Körper, oxidativen Stress zu neutralisieren. Im Sport und bei längerfristiger Einnahme macht der Einsatz von antioxidativen Supplementen zur gezielten Leistungssteigerung oder -optimierung in den meisten Fällen wenig Sinn. Von einer verminderten Anpassung auf den Trainingsreiz und somit einer geringeren Leistungsverbesserung ist die Rede. Fast in allen diskutierten Antioxidantien sind zudem weitere Studien nötig, um die Effekte auf die Ausdauerleistung bei Athleten weiter zu untersuchen. Der Verzehr von Zitrusfrüchten, Beeren, Gemüse sowie Ölen und Nüssen versorgt den Körper mit der richtigen Menge an Antioxidantien. Im Gegensatz zu Supplementen kann dadurch keine Überdosierung und somit keine Einschränkung der Trainingsadaptation stattfinden. Gleichzeitig bringt der Verzehr vollwertiger Lebensmittel gesundheitliche Vorteile mit sich. Bis weitere Studien die Wirksamkeit verschiedener Antioxidantien genauer untersucht haben, fokussiert man sich lieber auf Aspekte der Sporternährung mit eindeutigen Erkenntnissen zur Optimierung der Leistungsfähigkeit.

Verfasser: Dr. Joëlle Flück
Datum: Dezember 2023, Version 3.0
Gültigkeit: bis Dezember 2026

Literatur

1. Bassel-Duby, R. and E.N. Olson, *Signaling pathways in skeletal muscle remodeling*. Annu Rev Biochem, 2006. **75**: p. 19-37.
2. Merry, T.L. and M. Ristow, *Do antioxidant supplements interfere with skeletal muscle adaptation to exercise training?* J Physiol, 2016. **594**(18): p. 5135-47.
3. Braakhuis, A.J., *Effect of vitamin C supplements on physical performance*. Curr Sports Med Rep, 2012. **11**(4): p. 180-4.
4. Levine, M., et al., *Criteria and recommendations for vitamin C intake*. JAMA, 1999. **281**(15): p. 1415-23.
5. Deutsche Gesellschaft für Ernährung, *D-A-CH Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr* 2. Auflage. 2013.
6. Bhagwat, S., et al., *USDA Develops a Database for Flavonoids to Assess Dietary Intakes*. Procedia Food Science, 2013. **2**(Supplement C): p. 81-86.
7. Wadley, G.D. and G.K. McConell, *Effect of nitric oxide synthase inhibition on mitochondrial biogenesis in rat skeletal muscle*. J Appl Physiol (1985), 2007. **102**(1): p. 314-20.
8. Kressler, J., M. Millard-Stafford, and G.L. Warren, *Quercetin and endurance exercise capacity: a systematic review and meta-analysis*. Med Sci Sports Exerc, 2011. **43**(12): p. 2396-404.
9. Goulet, E.D., *Quercetin supplementation and endurance exercise capacity: a comment*. Med Sci Sports Exerc, 2012. **44**(3): p. 556; author reply 557.
10. Pelletier, D.M., G. Lacerte, and E.D. Goulet, *Effects of quercetin supplementation on endurance performance and maximal oxygen consumption: a meta-analysis*. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2013. **23**(1): p. 73-82.
11. Somerville, V., C. Bringans, and A. Braakhuis, *Polyphenols and Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Sports Med, 2017. **47**(8): p. 1589-1599.
12. Braakhuis, A.J. and W.G. Hopkins, *Impact of dietary antioxidants on sport performance: a review*. Sports Med, 2015. **45**(7): p. 939-55.
13. Martínez-Ferrán, M., et al., *Effects of Acute Vitamin C plus Vitamin E Supplementation on Exercise-Induced Muscle Damage in Runners: A Double-Blind Randomized Controlled Trial*. Nutrients, 2022. **14**(21).
14. Wootton-Beard, P.C. and L. Ryan, *A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants*. Journal of Functional Foods, 2011. **3**(4): p. 329-334.
15. Trexler, E.T., et al., *Acute Effects of Citrulline Supplementation on High-Intensity Strength and Power Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Sports Med, 2019. **49**(5): p. 707-718.
16. Harnden, C.S., J. Agu, and T. Gascoyne, *Effects of citrulline on endurance performance in young healthy adults: a systematic review and meta-analysis*. J Int Soc Sports Nutr, 2023. **20**(1): p. 2209056.
17. Viribay, A., et al., *Effects of Citrulline Supplementation on Different Aerobic Exercise Performance Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Nutrients, 2022. **14**(17).
18. Gough, L.A., et al., *A critical review of citrulline malate supplementation and exercise performance*. Eur J Appl Physiol, 2021. **121**(12): p. 3283-3295.
19. Myburgh, K.H., *Polyphenol supplementation: benefits for exercise performance or oxidative stress?* Sports Med, 2014. **44** Suppl 1: p. S57-70.
20. Decroix, L., et al., *Cocoa Flavanol Supplementation and Exercise: A Systematic Review*. Sports Med, 2018. **48**(4): p. 867-892.
21. Bowtell, J. and V. Kelly, *Fruit-Derived Polyphenol Supplementation for Athlete Recovery and Performance*. Sports Med, 2019. **49**(Suppl 1): p. 3-23.
22. Vitale, K.C., S. Hueglin, and E. Broad, *Tart Cherry Juice in Athletes: A Literature Review and Commentary*. Curr Sports Med Rep, 2017. **16**(4): p. 230-239.
23. Lu, H.K., et al., *Preventive effects of Spirulina platensis on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress*. Eur J Appl Physiol, 2006. **98**(2): p. 220-6.
24. Kalafati, M., et al., *Ergogenic and antioxidant effects of spirulina supplementation in humans*. Med Sci Sports Exerc, 2010. **42**(1): p. 142-51.
25. Sandhu, J., B. Dheera, and S. Shweta, *Efficacy of spirulina supplementation on isometric strength and isometric endurance of quadriceps in trained and untrained individuals – a comparative study*. Ibmossina Journal of Medicine and Biomedical Sciences, 2010. **2**(2): p. 79-86.
26. Calella, P., et al., *Antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulatory effects of spirulina in exercise and sport: A systematic review*. Front Nutr, 2022. **9**: p. 1048258.
27. Matuszczak, Y., et al., *Effects of N-acetylcysteine on glutathione oxidation and fatigue during handgrip exercise*. Muscle Nerve, 2005. **32**(5): p. 633-8.
28. Borgstrom, L., B. Kagedal, and O. Paulsen, *Pharmacokinetics of N-acetylcysteine in man*. Eur J Clin Pharmacol, 1986. **31**(2): p. 217-22.
29. Corn, S.D. and T.J. Barstow, *Effects of oral N-acetylcysteine on fatigue, critical power, and W' in exercising humans*. Respir Physiol Neurobiol, 2011. **178**(2): p. 261-8.
30. Trewin, A.J., et al., *N-acetylcysteine alters substrate metabolism during high-intensity cycle exercise in well-trained humans*. Appl Physiol Nutr Metab, 2013. **38**(12): p. 1217-27.
31. Holdiness, M.R., *Clinical pharmacokinetics of N-acetylcysteine*. Clin Pharmacokinet, 1991. **20**(2): p. 123-34.
32. Rhodes, K. and A. Braakhuis, *Performance and Side Effects of Supplementation with N-Acetylcysteine: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Sports Med, 2017. **47**(8): p. 1619-1636.
33. Nejati, M., et al., *The effects of N-acetylcysteine on recovery biomarkers: A systematic review and meta-analysis of controlled trials*. J Food Biochem, 2022. **46**(7): p. e14116.