

Aloys Berg und Daniel König

## Oxidativer Stress und Sport

Abt. Prävention, Rehabilitation und Sportmedizin, Medizinische Klinik, Universitätsklinikum Freiburg

### Warum stellt sich für den Sportler die Frage zum oxidativen Stress?

Intensive körperliche Aktivität ist nachweislich mit der vermehrten Bildung von freien Radikalen und entsprechend auch mit der Gefahr von oxidativem Stress, d.h. einem Missverhältnis zwischen Radikalbildung und Radikalneutralisierung, verbunden. Auf Grund ihrer hohen Reaktivität können freie Radikale biologische Strukturen schädigen und so deren Eigenschaften negativ verändern. Über diesen Weg nehmen freie Radikale auch ungünstigen Einfluss auf Faktoren der körperlichen Leistungsfähigkeit. Freie Radikale schädigen allerdings nicht grundsätzlich, sondern nur dann, wenn ihre Wirkung nicht neutralisiert werden kann; diese Situation wird als oxidativer Stress bezeichnet. Da oxidativer Stress langfristig chronische Erkrankungen und Alterungsprozesse auslöst oder in ihrer Entwicklung beschleunigt, muss gefragt werden, ob Sportler als Personen mit Dauereexposition zu oxidativem Stress sich einem erhöhtem Risiko aussetzen. Aus dieser Unsicherheit heraus wird auch darüber diskutiert, ob für Sportler zur Erreichung optimaler Plasmaspiegel an anti-oxidativ wirkenden Vitaminen (AOV) Nahrungsergänzungen notwendig sind.

### Grundlagen zur antioxidativen Regulation und zum oxidativen Stress

Freie Radikale sind Atome oder Molekülbruchstücke, die ein freies, d.h. ungepaartes Elektron besitzen. Freie Radikale sind hoch reaktiv und auf Grund ihrer sehr kurzen Halbwertszeit nur schwer nachweisbar. Nachweisbar ist ihre Wirkung über entstehende Stoffwechselprodukte. Freie Radikale entstehen physiologisch im Rahmen der mitochondrialen Oxidation (ca. 6% des  $O_2$ -Umsatzes), bei Entzündungsreaktionen (oxidative burst) sowie beim Adenosin-Abbau (bei  $O_2$ -Mangel bzw. mangelnder ATP-Resynthese). Auf Grund der hohen Reaktivität können freie Radikale biologische Strukturen schädigen und so deren Eigenschaften ungünstig verändern; so kommt es zu Veränderungen an Makromolekülen (z.B. Kollagen, Elastin, Nukleinsäuren, Bindegewebsmatrix) sowie zur Lipid-Oxidation von Membranen und Oberflächenstrukturen (z.B. Lipoproteine, Erythrozyten). Entsprechend wird angenommen, dass AOV, vor allem Vitamin E, vor den Negativwirkungen der freien Radikale schützen. Mehrere Studien zeigen, dass AOV in einer adäquaten Konzentration den oxidativen Schaden und damit verbundene Erkrankungen verringern können (Studien zur Oxidierbarkeit von Lipoproteinen, epidemiologische Belege wie die Linxian-Studie oder die Female U.S. Nurses Study).

Oxidativer Stress als ein Zustand, in dem pro- gegenüber antioxidativen Faktoren überwiegen, kann durch exogene Faktoren begünstigt werden. So ist ein Ungleichgewicht in der antioxidativen Regulation auch über Ernährungsdefizite möglich, d.h. durch die unzureichende Zufuhr von Nährstoffen mit antioxidativer Wirkung. Weitere Faktoren, die einen oxidativen Stresszustand begünstigen, sind metabolisch aktive Prozesse wie Entzündungen, Traumen und Operationen, starke Stressbelastung sowie die Exposition gegenüber Umwelttoxinen (z.B. Ozon, UV-Strahlung, Nikotin, Alkohol, Pestizide, Blei, Quecksilber, Zytostatika). Es ist anerkannt, dass oxidativer Stress langfristig chronische Erkrankungen und Alterungsprozesse auslöst oder in ihrer Entwicklung beschleunigt (Tumorerkrankungen, arteriosklerotische Herzkreislauferkrankungen, Altersdiabetes, chronisch degenerative Erkrankungen des ZNS, der Lunge, des Intestinums, der Gelenke und des Auges). Aus diesem Grunde gewinnt die diagnostische Beurteilung und therapeutische Beeinflussung des oxidativen Stress zunehmend an Bedeutung.

### Oxidativer Stress und körperliche Aktivität

Intensive körperliche Aktivität ist zweifellos mit vermehrtem oxidativem Stress verbunden. Wiederholte, submaximale Belastungen erhöhen zwar einerseits den enzymatischen Schutz der Gewebe vor dem Angriff durch freie Radikale, andererseits sind jedoch hochbelastete Organe wie die Skelettmuskulatur nicht vollkommen gegen den belastungsinduzierten oxidativen Stress gesichert. Es ist belegt, dass Organe mit hohem aeroben Stoffwechselumsatz (Muskel, Herz, Leber) über anpassungsfähige Schutzeinrichtungen verfügen und diese bei entsprechender Stressexposition exprimieren können. Zusätzlich zur Regulation der körpereigenen Schutzsysteme muss die Beeinflussung der antioxidativen Regulation durch Nährstoffe beachtet werden. Eine verbesserte Versorgung an AOV kann grundsätzlich über die Lebensmittelauswahl sowie die mögliche Zufuhr von Nahrungssupplementen erreicht werden. Unabhängig von der Art der Versorgung sollten Sportler als Personen mit erhöhter Exposition zu oxidativem Stress auf eine optimierte Zufuhr und entsprechende Plasmaspiegel der AOV achten.

Bei den üblichen Ernährungsgewohnheiten wird die zur Optimierung der Plasmaspiegel postulierte Vitaminaufnahme oft nicht erreicht (s. Tab. 1). Es wird aber davon ausgegangen, dass eine ausgewogene und vollwertige Ernährung diejenige Vitaminzufuhr garantiert, die zu einer Optimierung des Plasmaspiegels bei gesunden Erwachsenen ohne spezielle Stressexposition notwendig ist. Eine ausgewogene

Ernährung, reich an Obst und Gemüse, garantiert zusätzlich zur Aufnahme von AOV auch die Zufuhr einer Vielzahl von sekundären Pflanzenstoffen (ca. 1g pro Tag!), die auf Grund ihrer antioxidativen Wirkung ebenfalls als physiologisch bedeutend für die Radikalinaktivierung eingestuft werden müssen. Da Daten über die Bilanzierung zu antioxidativen Vitaminen bei Sportlern fehlen, werden entsprechend den Empfehlungen der Konsensuskonferenz antioxidative Vita-

**Tabelle 1: Empfohlene, tägliche Vitaminaufnahme (DGE 1996) zur Optimierung des Plasmaspiegels bei gesunden Erwachsenen, die keinem speziellen oxidativen Stress unterliegen:**

Vitamin C	75 mg	bis	150 mg
Vitamin E	15 mg	bis	30 mg
$\beta$ -Carotin	2 mg	bis	4 mg

mine in der Prävention im Sport wie bei Risikogruppen zum Schutz vor möglichen chronischen Erkrankungen Zuführen für Vitamin C von über 100 mg, für Vitamin E von bis zu 100 mg und für  $\beta$ -Carotin von über 4 mg empfohlen. Allerdings sollten nur Tagesdosierungen gewählt werden, für die aufgrund epidemiologischer Studien eine Unbedenklichkeit auch bei Einnahme über längere Zeit gegeben ist: 1 g Vitamin C, 400 mg Vitamin E, 10 mg  $\beta$ -Carotin/Tag; zudem sollte ein ausgewogenes Verhältnis der Nährstoffe Vit.E:Vit.C: $\beta$ -Carotin angestrebt werden; vorgeschlagen wird hier ein Verhältnis von 1:2:0,1 (z.B. 30mg Vit.E + 60mg Vit.C + 3mg  $\beta$ Car).

#### Verbessern AOV die muskuläre Leistungsfähigkeit?

Zahlreiche Studien haben eine Verbesserung der muskulären Leistungsfähigkeit nach Gabe von AOV, vorrangig Vitamin E, zu beschreiben versucht. Seriöse Reviewarbeiten zu der Hypothese, AOV verbessern die muskuläre Leistungsfähigkeit, bestätigen diese Aussage jedoch nicht. Für die möglichen Positivwirkung wurden Mechanismen wie eine verminderte Lipidperoxidation, eine erhöhte Membranstabilität, ein verbesserter Elektronentransport, eine verbesserte Sauerstoffnutzung und eine erhöhte Laktatelimination verantwortlich gemacht. Liegen keine Negativfaktoren (z.B. hohes Lebensalter, Fehlernährung, Hypoxie, Hypercholesterinämie, Diabetes mell.) oder Störungen im Regulationssystem der peripheren Oxidation und der aeroben Leistungsfähigkeit vor, so ist die These, AOV verbessern die muskuläre Leistungsfähigkeit, sehr unwahrscheinlich, die Datenlage dazu weitgehend negativ.

#### Können AOV die muskuläre Belastbarkeit verbessern?

Auch diese These ist umstritten, die Datenlage nicht konsistent; weitere kontrollierte mit besserem Design erhobene Ergebnisse sind zwingend notwendig. Die Verknüpfung von AOV-Status, Peroxidationsrate und Muskelreaktion ist sicherlich eine unzureichende Vereinfachung des zellulären Reglersystems der muskulären Belastbarkeit. Grundsätzlich werden auch im Bereich der muskelzellulären Belastbarkeit Wirkmechanismen über die verminderte Lipidperoxidation und eine damit verbundene Verbesserung der Membranstabilität, erhöhte Wirksamkeit von Schutzenzymen, Verringerung der belastungsinduzierten Muskelschädigung und Verringerung der belastungsinduzierten Hämolyse erklärt. Untersuchungen an

gesunden Sportlern zeigen allerdings bisher nicht, dass Sportler mit höheren Vitamin-E-Plasmaspiegeln eine signifikant geringere belastungsinduzierte Lipidperoxidationsrate oder eine geringere Muskelstressreaktion aufweisen.

#### Verhindern AOV sportbegleitende oder chronische Erkrankungen?

Die dritte Frage zur möglichen Wirkung von AOV im Leistungssport zielt auf die Verhinderung von sportbegleitenden und vom Sport unabhängigen chronischen Erkrankungen im späteren Lebensalter. Über die bereits genannten Mechanismen soll der Sportler bei guter Versorgung mit AOV Vorteile in der Gesunderhaltung haben. Diese allgemeine These zum Gesundheitsbenefit ist wahrscheinlich, die Datenlage für den speziellen Bereich Sport aber unzureichend; der Wirkungsansatz entspricht dem der Prävention in der Gesamtbevölkerung. Kontrollierte prospektive Studien bei Sportlern existieren nicht. Positive Ergebnisse bei Sportlern liegen nur zur verringerten Lipidperoxidationsneigung und zur verringerten Infektneigung vor.

### Praktische Hinweise

Da Sportler zu Personengruppen mit möglicher Exposition zu oxidativem Stress zu zählen sind, muss ihnen eine optimierte Zufuhr von AOV zur Sicherung der anti-oxidativen Regulation empfohlen werden. Eine Verbesserung der muskulären Leistungsfähigkeit beim gesunden Sportler durch AOV ist nicht zu erwarten. Eine Reduzierung von Muskelstresssymptomen durch die exogene Beeinflussung der anti-oxidativen Regulation ist ebenfalls nicht ausreichend gesichert. Über die Stabilisierung des pro/anti-oxidativen Gleichgewichts ist wie für die breite Bevölkerung auch für Sportler ein Gesundheitsvorteil im Sinne der Prävention anzunehmen.

### Literatur

1. *Sen CK*: Oxidants and antioxidants in exercise. *J Appl Physiol* 79 (1995) 675-686.
2. *Berg A, König D, Grathwohl D, Frey I, Keul J*: Antioxidantien im Leistungssport. Was ist gesichert? *Dtsch Z Sportmed* 49 (1998) Suppl.1, 86-92.
3. *Clarkson PM*: Antioxidants and physical performance. *Crit Rev Food Nutr* 35 (1995) 131-141.
4. *Biesalski HK*: Antioxidative Vitamine in der Prävention. *Deutsch. Ärzteblatt* 92 (1995) 1316-1321.
5. *Dekkers C, Doornen LJPv, Kemper HCG*: The role of antioxidant vitamins and enzymes in the prevention of exercise-induced muscle damage. *Sports Med.* 21 (1996) 213-238.
6. *Kasper H*: Tumorentstehung - hemmende und fördernde Effekte von Ernährungsfaktoren. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) e.V., ed. *Ernährungsbericht Frankfurt*, 1996, 203-216.

Anschrift für die Autoren:

Prof. Dr. A. Berg

Med. Uniklinik, Abt. Prävention, Rehabilitation & SportMedizin,  
Hugstetter Str. 55, 79106 Freiburg, Tel.: (0761) 270-7453,  
Fax: -7470, e-mail: berg@msm1.ukl.uni-freiburg.de