

Magnesium und Antioxidantien

Im Jahr 1775 hat Black das Erdalkalimetall Magnesium erstmals beschrieben, wobei anfänglich Magnesium in der Landwirtschaft, vor allem bei der Tierhaltung als Bittersalz, Verwendung fand. Später wurden Magnesiumsalze zur Darmreinigung und als Abführmittel verwendet. Die Bedeutung von Magnesium wurde in den vergangenen 20 Jahren im Zusammenhang mit Stress, Gefäßendothel, Herzerkrankungen, Herzrhythmusstörungen sowie als wichtiges Elektrolyt in der Schwangerschaft näher untersucht. von **PRIM. DR. BERND ZIRM**

Der Magnesiumgehalt der Erdkruste beträgt ca. 2%, im Meerwasser ist Magnesium das dritthäufigste Mineral. Allerdings haben sich die Bodenverhältnisse in den letzten Jahren so verändert, dass durch künstliche Düngung und Auslaugung der Böden der Magnesiumgehalt sank. Dies wirkte sich auf den Ernährungszustand der Bevölkerung aus, so dass man davon ausgehen kann, dass die heutige Ernährung häufig ein Defizit an Magnesiumzufuhr bringt. Das Magnesiumforum Bad Radkersburg hat 1996/97 eine Untersuchung bei über 3.000 Österreichern veröffentlicht, wobei sich herausstellte, dass rund 20% der österreichischen Bevölkerung ein Magnesiumdefizit haben (Abb. 1)

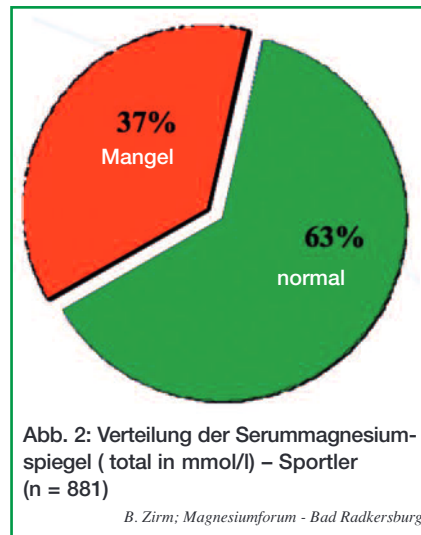
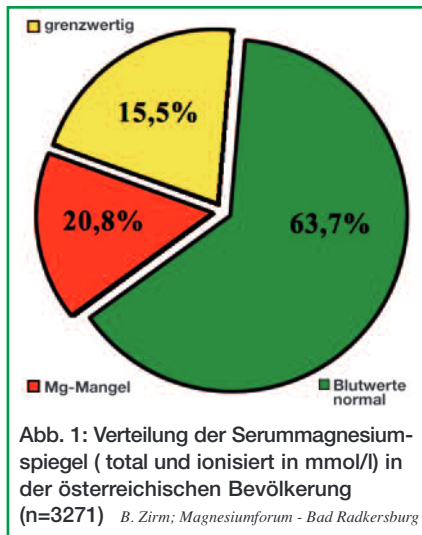
Magnesiumspeicher und -ausscheidung

Der durchschnittlich tägliche Bedarf an Magnesium beträgt beim Normalverbraucher 300 bis 400 mg, entsprechend 12 bis 17 mmol, wobei die Niere das bestimmende Organ für die Serum-magnesiumkonzentration im Blut ist. Die Rückresorption von Magnesium wird im proximalen Tubulus an die Natriumrückresorption gekoppelt und bei Hypovolämie gesteigert. Umgekehrt ist die Magnesiumresorption bei einer Hypervolämie vermindert, wobei zusätzlich Mineral- und Glukokortikoide sowie das Parathormon die Magnesiumresorption verändern. Bei Stresszuständen bei denen es vor allem zu einer hohen Glukokortikoid- und Adrenalinausschüttung kommt, besteht ein Magnesiumverlust, wobei auch Effekte der Leber eine Rolle spielen (Depletion von Magnesium). Beim Sinken des intrazellulären Magnesiumspiegels wegen fehlender Bindungsstellen wie bei exzessivem ATP-Verbrauch (Energieverbrauch) spricht man von einer Magnesiumdepletion. Zum Ausgleich muss die Magnesiumzufuhr erhöht und die Synthese von Bindungsstellen stimuliert werden.

Magnesium als Energiefaktor

Magnesium wird in diesem Zusammenhang zu Recht als »Antistress-mineral« bezeichnet, da neben den Depletionsvorgängen auch direkte Verluste über die Niere und über die Haut wie bei vermehrter Schweißneigung vorliegen. Besonders kritisch wird diese Situation bei Magnesium-

Das Magnesiumdefizit bewirkt einen membrandestabilisierenden Effekt an der Herzmuskelzelle und am Reizleitungssystem, wodurch ernsthafte Rhythmusstörungen bis zu den gefürchteten Torsaden auftreten können.



verlust an der Herzmuskelzelle, wo Magnesium als Energiefaktor gleichsam als Motor den Zellbetrieb fördert. Diese Energiepumpen sind lebensnotwendig und werden durch hohe Kalziumspiegel negativ beeinflusst. Dies geschieht vor allem bei Zelluntergang und einer Kalziumüberladung beim akuten Myokardinfarkt. Der Zelluntergang fördert diese Automechanismen, wobei zusätzlich eine elektrische Instabilität und damit Herzrhythmusstörungen auftreten können.

Daneben spielt Kalium eine wesentliche Rolle, da Magnesium als Co-Faktor der Natrium-Kalium-ATPase für intra- und extrazelluläre Kaliumverschiebungen verantwortlich ist. Daraus ergibt sich, dass ein Ausgleich des Kaliumdefizites bei gleichzeitigem Magnesiumdefizit nur durch gleichzeitige Gabe von Kalium und Magnesium erreicht werden kann.

Die Magnesium-Mengenlehre

Pflanzliche	Magnesiumgehalt in MG/100G
Weizenkleie	590
Kakaopulver	400
Leinsamen	380
Weizenkeime	308
Nüsse	270
Sojabohnen	247
Bierhefe	230
Hirse (Korn)	170
Pistazienkerne	160
Bohnen	132
Grünkern	130
Erbsen	125
Reis unpol.	120
Grahambrot	92
Pumpernickel	71
Knäckebrot	68
Rosinen	65
Brunnenkresse	34
Obst, Beeren	30
Pilze	24

Tabelle 1

Magnesium und Sport

Sowohl bei Leistungs- wie bei Hobby-sport spielt Magnesium insofern eine wichtige Rolle, da durch Schwitzen und höhere Energieanforderung der Magnesiumverlust durch Haut und Harn besonders ist. Die österreichische Bevölkerung, sofern sie Sport betreibt, vernachlässigt dies nach eigenen Untersuchungen (Magnesiumforum Bad Radkersburg 1997) im hohen Ausmaß, da max. nur 37% der aktiven sportinteressierten Menschen einen guten Magnesiumhaushalt aufweisen.

Die Mangelsymptome sind hier nicht nur in den bekannten Bein- und Wadenkrämpfen zu finden, sondern auch im so genannten bleiharten Fuß. Wichtig ist, dass bei Sportausübung täglich zwischen 300 und 600 mg Magnesium zugeführt werden sollten und falls in flüssiger Form eingenommen, Magnesium nur schluckweise, also nicht als Flüssigkeitsersatz, sondern als Elektrolytzufuhr verstanden werden soll. Mischungen mit Mineralwasser, Orangensaft und Magnesium (z. B. als Magnofit mit 300 mg) sind zu bevorzugen. Daneben (siehe unten) ist der entsprechende Nahrungsaufbau wichtig. Interessanterweise führen Untersuchungen bei Probanden unter gutem Magnesiumhaushalt bzw. -zufuhr zu nicht so exzessiven Radikalproduktionen (hoher oxidativer Stress) wie ohne Magnesiumzufuhr (Testreihe Bad Kleinkirchheim 2002/2003).

Magnesium in unserer Nahrung

Zu den magnesiumreichsten Nahrungsmitteln gehören vor allem das gesunde cerealienreiche Frühstück sowie viele Getreidesorten wie Weizenkeim, unpolierter Reis, Hirse, Haferflocken aber auch Kakaopulver (entölt), Nüsse und Pistazienkerne. Leinsamen und Weizenkleie enthalten besonders viel Magnesium, während man bei Nussschokolade (Nüsse und Kakaopulver) sowie bei Weißbier (Hefe) große

Inserat

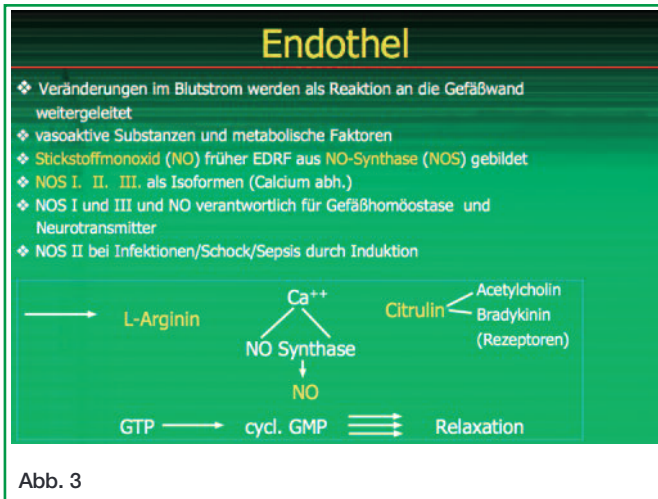


Abb. 3

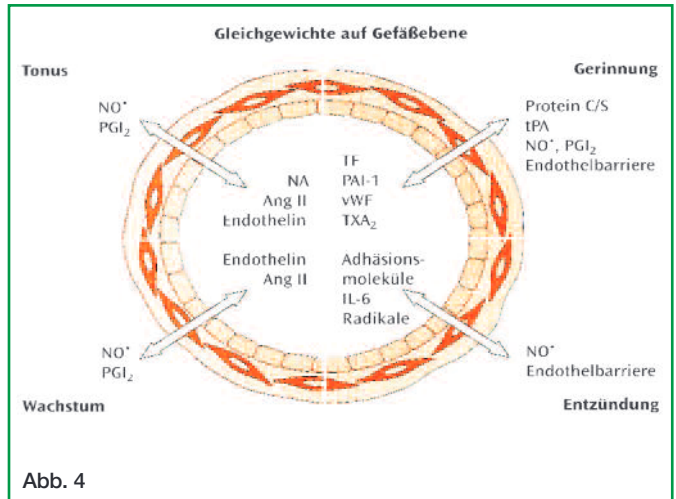


Abb. 4

Mengen zu sich nehmen müsste, um den täglichen Bedarf zu decken. Hier ist vor allem auf den Fett- und Zuckergehalt bzw. Alkoholgehalt zu achten. Einen interessanten Aspekt bilden Kaffee und schwarzer Tee, die ebenfalls relativ viel Magnesium enthalten; allerdings müssten auch hier die Mengen bei mehr als 10 Tassen pro Tag liegen. Als Alternative bieten sich magnesiumreiche und salzarme Mineralwässer als Getränk an (siehe Tabelle 1).

Ist Magnesium ein Antioxidans?

Magnesium hat eine spezifische Wirkung auf das Gefäßendothel, vor allem bei KHK und Stresszuständen, bei denen es zu hohen Adrenalin- und Glukokortikoidausschüttungen kommt. Diese Zustände sind vor allem dann gegeben, wenn oxidativer Stress in erhöhtem Ausmaß vorliegt und somit Sauerstoffradikale nicht ausreichend reduziert werden können. In den Stadien der Artherogenese ist bekannt, dass die endotheliale Dysfunktion als Vorläufer zur Plaquebildung und damit zu Herzinfarkt bzw. Schlaganfall führen kann. Dabei ist die Stickstoffmonoxidverfügbarkeit NO ein limitierender Faktor für die Dilatation des Gefäßes (Abb. 3). Das Endothel des menschlichen Körpers ist als großes endokrines Organ zu betrachten, wobei Stickstoffmonoxid der frühere EDRF (Endothel derived relaxing factor) für ein funktionierendes Endothel verantwortlich ist. Das durch die No-Synthase (NOS) generierte NO kommt in 3 Enzymformen vor und führt letztendlich zur Bildung von zyklischen GMP und damit zur Relaxation des Gefäßes, dabei spielen vasodilatatorische Mediatoren wie Prostazykline eine wichtige Rolle. Artherogene Faktoren die zur Zelladhäsion führen, bevorzugen die Einwanderung von Leukozyten in die Gefäßwand und ermöglichen Entzündungsprozesse im Endothel. Sauerstoffradikale und somit oxidativer

Stress aktivieren und induzieren Adhäsionsmoleküle, wobei oxidiertes LDL einen wichtigen Mediator darstellt. Neben der erhöhten Gefäßpermeabilität können Zytokine als Entzündungsfaktoren diesen Prozess auf Dauer unterhalten. Es kommt zur vermehrten Ablagerung von Lipiden, die wiederum durch ein gestörtes Hämostase-Thrombolysegleichgewicht die Hämostaseeneigung verstärken. Als Resultat sehen wir auf der einen Seite eine verminderte NO-Aktivität bzw. NO-Verfügbarkeit mit dem ersten Schritt zur arteriosklerotischen Plaquebildung über Schaumzellbildung, auf der anderen Seite verändern sich die Gleichgewichte auf Gefäßebene so, dass Vasokonstriktion, Vasoproliferation, Vasoinflammation und Hämostase zurück bleiben (Abb. 4).

Oxidativer- und Systemstress

Neben der direkt kalziumblockierenden Wirkung scheint Magnesium nämlich über die Gefäßerweiterung vor allem über eine Verbesserung der Fließeigenschaften des Blutes zu wirken. Dies geschieht bereits bei gesunden Menschen mit einem normalen Magnesiumhaushalt. Kommt es zu einer vermehrten Katecholaminausschüttung wie bei chronischer KHK, besonders beim akuten Myokardinfarkt entstehen systemischer Stress und oxidativer Stress durch eine Vermehrung von Sauerstoffradikalen, die aufgrund eines Mangels an antioxidativen Stoffen nicht gleichermaßen reduziert werden können. Aus dieser Dysbalance von Oxidation (oxidativer Stress) und Reduktion entstehen weiter intrazelluläre Kalziumüberladungen, die zur Nekrose von Organsubstanz (Zelluntergang) führen können. Das Magnesiumdefizit bewirkt einen membrandestabilisierenden Effekt an der Herzmuskelzelle und am Reizleitungssystem, wodurch ernsthafte Rhythmusstörungen bis zu den gefürchteten Torsaden auftreten können.

Die Anhäufung von Sauerstoffradikalen am Endothel verstärkt sich dadurch, dass durch Anstieg der Adrenalinpiegel die Ionenpumpenaktivität am Herzen extrem aktiviert ist und die Ioneninstabilität durch Kalziumüberladung und gleichzeitigem Defizit an Magnesium und Kaliumionen die Situation noch verschlechtert. Zusätzlich kommt es durch die Xanthinoxidase zu weiterer Sauerstoffradikalbildung und bewirkt ein »Stunning-Myokard«. Aus den oben beschriebenen Prozessen scheinen daher zwei Regelkreise – systemischer Stress und Zellstress (oxidativer Stress) – eng miteinander verbunden zu sein (Abb. 5 und Abb. 6). Unter entsprechender Magnesiumzufuhr während eines akuten Geschehens am Herzen können manche Folgewirkungen wie Zelluntergang sowie elektrische Instabilität und somit Rhythmusstörungen zumindest teilweise verhindert bzw. reduziert werden. Aus diesen Gründen wird in Notarztzügen häufig Magnesium in parenteraler Form gemeinsam mit Kalium verabreicht. Aus demselben Grund sollten KHK-Patienten auf einen guten Magnesiumhaushalt achten. Wenn man dazu noch Risikofaktoren hinzunimmt, so liegt bei einer großen Gruppe von Patienten, wie bei nikotinbelasteten Diabetikern, eine dauerhafte Magnesiumsubstitution sehr nahe. Dasselbe gilt für Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz, die auf Basis einer KHK entsteht; die hier verordneten Diuretika führen zu einem renalen Verlust.

Antioxidantienauswahl

Neben Magnesium, das im antioxidativen System vor allem in der Herzmuskelzelle zur Energiebereitstellung notwendig ist, besitzen wir im Körper antioxidative Systeme, die als biologische Körperabwehr fungieren. Ein gesundes Immunsystem wird mit einer großen Anzahl von Krankheitserregern fertig, allerdings braucht dieses Immunsystem auch eine entspre-

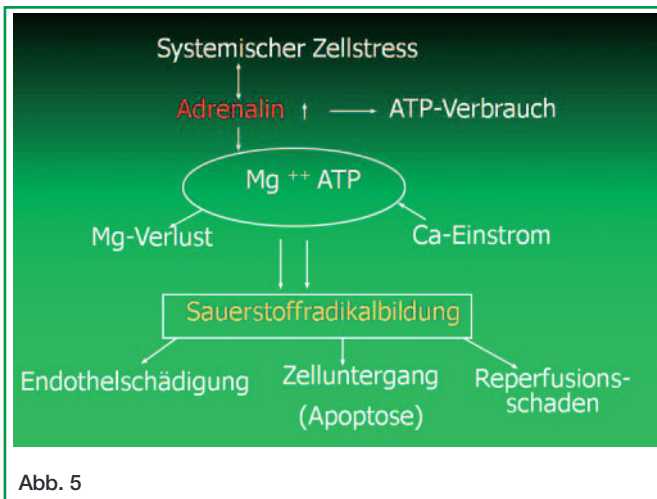


Abb. 5

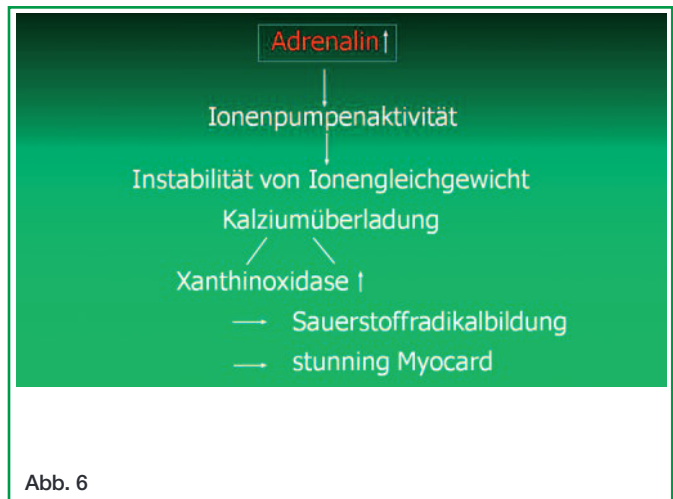


Abb. 6

chende Ernährung, um selbst fit und aktiv zu bleiben. Die Alarmsignale sind letztlich Symptome, die wir häufig als »Kränkeln« bezeichnen. Wir finden diese vor allem am Wochenende bei belastenden Tätigkeiten, wenn plötzlich ein Infekt ausbricht, der unter der Woche unter Stressbelastung noch nicht vorlag. In diesen Situationen verbraucht der Körper von seinem antioxidativen System vor allem Vitamine, wobei beispielsweise eine einstündige starke psychische Belastung 300 mg Vitamin C umsetzt, das Dreifache dessen, was die Deutsche Gesellschaft für Ernährung als Tagesbedarf empfiehlt. Auch stressbedingte Verluste von Vitamin B6 und 12 durch Aufregungen und Angst sind nachweisbar. Letztlich sind durch chronische Stresszustände Magnesiumverluste, wie früher angeführt, nachzuweisen.

Neben der spezifischen Körperabwehr durch B-Lymphozyten – Killerzellen, Helferzellen, Suppressorzellen – die in der Antigen-Antikörperreaktion eine wichtige Rolle spielen, benötigen wir Antioxidantien, die die reaktiven Sauerstoffsubstanzen (ROS) in Schach halten. Der Körper selbst hat als Schutz für die Zellen körpereigene Systeme aufgebaut, die wir auch als primäre Antioxidantien bezeichnen können. Vor allem Enzyme wie die Superoxiddismutase (SOD), die Glutathionperoxidase (GSHP) sowie das Metallprotein Zerinoplasmin verhindern die Bildung von Hydroxylradikalen. Auch Transferrin ist von Bedeutung.

Zu den sekundären Antioxidantien zählen vor allem Vitamin E, Vitamin C, die großen Gruppen von Karotinoiden, Flavonoide sowie die Harnsäure, Bilirubin und Glutathion. Diese Gruppe von Antioxidantien stabilisiert freie Radikale und kann dabei selbst zu stabilen Radikalen werden, die durch ihre Trägheit keinen Schaden mehr anrichten. Spurenelemente wie Selen sind dabei zu erwähnen.

In den vergangenen Jahren hat sich Vitamin D als Antioxidans in den Fokus gestellt, wobei wir neben der Osteoporosebehandlung diesem Vitamin antioxidative Eigenschaften zusprechen können.

Vitamin E und Vitamin C

Zu den wichtigen fettlöslichen Vitaminen gehören Vitamin E und C, wobei bei Vitamin E das Alpha-Tocopherol die Aufgabe hat, Fettmoleküle unseres Körpers vor dem Abbau durch die Lipidoxidation zu schützen. Der Hauptangriffspunkt der freien Radikale sind hier die mehrfach ungesättigten Fettsäuren (MUFs). Die Oxidierung von Lipiden, das Auftreten von oxidati-

Magnesium hat eine spezifische Wirkung auf das Gefäßendothel, vor allem bei KHK und Stresszuständen, bei denen es zu hohen Adrenalin- und Glukokortikoidausschüttungen kommt.

vem LDL sowie das Zerstören der Zellmembran werden durch Vitamin E verhindert, so dass man dieses Vitamin auch als »Rostschutzmittel« des Körpers bezeichnen kann.

Ein besonderer Vertreter des Tocopheroltyps sind die Phenole, die wiederum aus einem aromatischen Kohlenstoffsechsering, an dem ein Sauerstoffatom hängt, bestehen. Dieses Sauerstoffatom trägt wiederum ein Wasserstoffatom (OH Gruppe) und wird durch das Peroxylradikal abgerissen. Das dadurch entstehende phenolische Radikal ist im Gegensatz zu den lipidischen relativ reaktionsträge, so dass die Kettenreaktion gestoppt wird. Im

nächsten Schritt ist es wichtig, dass Vitamin C anwesend ist, es bewirkt die Regeneration des Vitamin E Radikales (siehe Abb. 6).

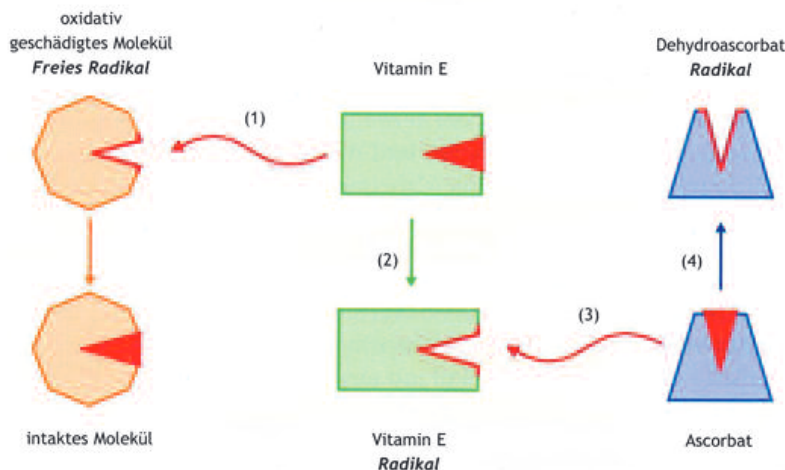
Lycopin, OPC, Polyphenole

Die klassischen pflanzlichen Antioxidantien zu denen vor allem die Flavonoide und Polyphenole zählen, finden sich hauptsächlich in den Schalen verschiedener Obst- und Gemüsesorten. Flavonoide haben die Fähigkeit, Metallionen mit einer Art Isolierung zu umgeben, die einer Chelatbildung gleich kommt. Auf diese Weise hemmen sie eine Enzymreihe in Bakterien und Viren und entfalten so eine entzündungshemmende und antivirale Wirksamkeit. Es entstehen stabile freie Radikale, die wiederum träge reagieren. Die wichtigsten Vertreter sind:

Lycopin. Lycopin ist ein natürliches Karotinoid und starkes Antioxidans. Wir finden die Karotinoide vor allem in Gemüse und Obst mit der charakteristischen gelb-roten Farbe. Die klassischen Vertreter sind die Karotte und die Tomate. Lycopin besitzt eine präventive Wirkung bei Prostataerkrankungen sowie Erkrankungen, die mit einer stärkeren endothelialen Dysfunktion hin bis zur Arteriosklerose einhergehen. Vor allem die Oxidation des LDL zu Ox-LDL wird durch Lycopin unterbunden. Weiters schützt Lycopin die Glutathionperoxidase, ein wichtiges Enzym zur Reduktion von Oxidantien.

OPC. OPC ist die Abkürzung für Oligomere Proanthocyanidine. Auch hier finden wir ein starkes Antioxidans, das in hohen Konzentrationen in der Schale von Weintrauben, Brombeeren, Himbeeren, Erdbeeren und Hagebutten vorkommt. Daneben ist Vitamin C ein Inhaltsstoff dieser Früchte. Entzündungshemmung und Reduktion von Histamin stehen im Vordergrund. Eine spezielle Fragestellung ergibt sich zum Weinkonsum, wobei der Genuss von Rotwein aufgrund der hohen

Oxidative Beschädigungen an Molekülen*



Antioxidantien wie Vitamin C, Vitamin E, Glutathion (GSH) usw. besitzen die Fähigkeit, Elektronen oder Wasserstoffatome an Stellen mit oxidativen Beschädigungen in Biomolekülen abzugeben: Bei der Übertragung eines H-Atoms auf das zu bekämpfende Radikal (1) verändert sich hier zum Beispiel das Vitamin E in ein Vitamin E-Radikal (2) und wird durch Ascorbat "repariert" (3). Das Dehydroascorbat Radikal (4) ist so träge, dass an dieser Stelle die Kettenreaktion der Radikalentwicklung abgebrochen wird.

*) nach S. Ivkovic u. A. Schubert-Müller

Abb. 7

Antioxidantien in der Traubenschale in richtiger Menge genossen – ein 1/8 Liter täglich – empfehlenswert ist. Bei im Eichenfass gezogenen Weinen ist der Anteil der Antioxidantien höher, da Quercetin ebenfalls ein Antioxidans darstellt. In der Medizin hat sich dieses Phänomen als »französisches Paradoxon« etabliert, da in den mediterranen Ländern trotz relativ fetthaltiger Speisen die Herzinfarktrate niedriger ist als in der übrigen Weltbevölkerung. Auch für das Schlaganfallrisiko gelten ähnliche Ergebnisse. Dazu scheinen in südlichen Gefilden eher gesunde Öle in Verwendung zu sein, die neben Obst und Gemüse Basis der mediterranen Küche sind.

Polyphenole. In verschiedenen Teesorten ist der Polyphenolgehalt zwar unterschiedlich hoch, aber günstig für den Konsumenten. Vor allem der grüne Tee und der schwarze Tee werden aus gleichen Blattsorten hergestellt. Der Unterschied liegt in der Erhitzung der Blätter über 100° C wodurch das blatteigene Enzym Polyphenoloxidase unwirksam gemacht wird. Erst dann wird der Tee gerollt und getrocknet. Beim schwarzen Tee welkt er ohne Erhit-

zung bis zu 16 Stunden, wird gerollt, fermentiert und getrocknet. Es findet sich in beiden Teesorten das Antioxidans Katechin, das ebenfalls in der Weintraube nachzuweisen ist. Zusätzlich ist im schwarzen Tee Theaflavin als Antioxidans nachweisbar.

Andere wichtige Antioxidantien

Zu den wichtigsten Antioxidantien gehören weiters vor allem die B-Vitamine B1, B1, B5, B6 und B12. Vor allem das Vitamin B5, das besser als Niacin bzw. Nikotinsäure bekannt ist, lässt sich in vielen Lebensmitteln nachweisen. In tierischen Lebensmitteln wie Fleisch findet man es primär als Nikotinsäureamid, in Pflanzen als Nikotinsäure. Auch Kaffeebohnen enthalten neben Magnesium eine ansehnliche Menge von Nikotinsäure. Daneben sind Karfiol und Brokkoli wichtige Niacinträger. Niacin ist im Redoxpotenzial zu finden, wirkt antioxidativ und wird auch zur Behandlung des LDL-Cholesterins medikamentös eingesetzt. Neben Vitamin B6, das für die Biosynthese von Neurotransmittern eine wichtige Rolle spielt und in Fleisch und Fisch sowie Gemüse und

Vollkorn zu finden ist, muss Vitamin B12 erwähnt werden. Vitamin B12 wird vor allem bei verschiedenen Stoffwechselreaktionen als Co-Enzym gesehen, wobei als eine der wichtigsten Reaktionen die Synthese von Methionin aus Homocystein nachweisbar ist. Homocystein selbst spielt bei der Plaqueentstehung im Endothel gemeinsam mit oxidativem LDL eine wesentliche Rolle.

Zink, welches auch als Enzymaktivator angesprochen wird, ist für die Insulinbildung und die Speicherung in der Bauchspeicheldrüse notwendig. In der antioxidativen Wirkung verstärkt Zink darüber hinaus die Aktivität der B-Helfer- und B-Killerzellen im Immunsystem.

Tertiäre Antioxidantien

Neben den körpereigenen primären Antioxidantien (Enzyme SOD etc.) und den sekundären Antioxidantien wie Vitaminen, die wir durch Ernährung oder Substitution aus der Apotheke zuführen, gibt es Medikamente, die ebenfalls in den Kreis Oxidation – Reduktion direkt oder indirekt eingreifen. Dazu gehören z. B. Antihypertensiva wie moderne Beta-Blocker (NO) oder Sartane (antiarteriosklerotisch) sowie Statine mit den pleiotropen Effekten.

Fazit

Ein guter Magnesiumhaushalt ist der beste Energielieferant für die Herzmuskelzelle. Mangelzustände führen leichter zu Stressüberflutung und können neben den bekannten Mangelsymptomen wie Bein- und Wadenkrämpfe ein pathologisches Geschehen am Gefäßendothel zusätzlich fördern. Dabei spielen Systemstress und oxidativer Stress eine wichtige Rolle. Ein aktiver Lebensstil verlangt die richtige Ernährung mit Magnesium und Antioxidantien, beides sollte aus dem täglichen Speiseplan – wenn das nicht möglich, zumindest als Supplementation – zugeführt werden.

Autor: Prim. Dr. Bernd Zirm

Ärztlicher Direktor LKH Bad Radkersburg,

Abteilung für Innere Medizin

Ärztliche Arbeitsgemeinschaft für Lebens-

stilmedizin, Kurzentrum Bad Radkersburg

E-Mail: Bernhard.Zirm@lkh-badradkersburg.at

www.lebensstil-medizin.at