

Orthomolekulare Therapie – Wirkung antioxidativer Vitamine auf die Immunfunktionen

E. Maushagen, Ch. Burdinski, D. Meyer-Rogge, Karlsruhe

Das Therapieprinzip der orthomolekularen Medizin beruht auf der Erkenntnis, daß der menschliche Organismus für ein gesundes, reibungsloses Funktionieren aller Organe über 40 Vitalstoffe benötigt. Genaue Nährstoffanalysen zeigen, daß sich eine optimale Zufuhr mit Mikronährstoffen, wie sie in der Evolution vorgesehen war, mit einer "ausgewogenen Ernährung" nicht mehr erreichen läßt. In den heutigen, lange gelagerten und hochverarbeiteten Lebensmitteln sind Vitamine, Mineralstoffe, Spurenelemente und essentielle Fettsäuren nicht mehr in genügender Menge und Konzentration enthalten, um einen optimalen Gesundheitsschutz zu gewährleisten.

Die orthomolekulare Medizin stellt im Wesentlichen eine Substitutions-Therapie dar, in deren Rahmen dem Körper Vitamine, Spurenelemente, Mineralstoffe, sekundäre Pflanzenstoffe, essentielle Aminosäuren und mehrfach ungesättigte Fettsäuren in Dosierungen zugefügt werden, die eine optimale Versorgung aller Körperfunktionen garantieren. Der Begriff "orthomolekular" hat seinen Ursprung in orthos (griechisch = richtig, gut) und molekular (lateinisch = Molekül).

Der Begründer der orthomolekularen Medizin, der amerikanische Biochemiker und zweifache Nobelpreisträger Linus Pauling, definierte das Wirkprinzip wie folgt: "Orthomolekulare Medizin ist die Erhaltung guter Gesundheit und die Behandlung von Krankheiten durch Veränderung der Konzen-

tration von Substanzen, die normalerweise im Körper vorhanden und für die Gesundheit verantwortlich sind."

■ Körpereigene Substanzen – wertvolle Ergänzung zur Erhaltung der Gesundheit und Behandlung von Krankheiten

Die orthomolekulare Medizin nutzt ausschließlich Substanzen, die sowohl in der Nahrung als auch im Organismus natürlicherweise vorkommen. Es sind Vitalstoffe (Vitamine, Mineralien), die der Körper nicht selbst synthetisieren kann und die daher als Mikronährstoffe regelmäßig in ausreichender Menge zugeführt werden müssen.

Der individuelle Vitalstoffstatus ist von verschiedenen äußeren und

inneren Faktoren abhängig, z.B. von Ernährungs- und Lebensgewohnheiten, Kalorienverbrauch, Alter (Wachstumsphase), Schwangerschaft und Stillzeit, Gesundheitszustand und anderen Lebensinflüssen. Diese Faktoren wirken sich unter Umständen so bedarfssteigernd aus, daß eine optimale Deckung des Vitamin- und Mineralstoffbedarfs selbst mit gesunder vielseitiger Mischkost nicht zu erzielen ist. Es kommt zum Auftreten von Vitalstofflücken. Diese Lücken sind vor allem für das Immunsystem fatal, da gerade das Immunsystem neben der Leber, dem Verdauungssystem und dem Herz/Kreislaufsystem den größten Verbrauch an Vitalstoffen besitzt. Nicht nur bei Infektionen benötigt das Immunsystem vermehrt Vitalstoffe, sondern auch in Extremsituationen, z.B. bei Hochleistungssportlern, während und nach einer Chemo- oder Strahlentherapie, bei großen Operationen oder während der Schwangerschaft und Stillzeit [8].

Innerhalb der orthomolekularen Medizin steht weniger die Beseitigung von Symptomen, als vielmehr die Vermeidung und Behebung von Krankheitsursachen im Mittelpunkt.

Das Therapieprinzip liegt dabei in

der "Optimaldosierung" statt "Minstdosierung". Vitamine (bis auf A, D und K) werden in hoher Dosis angewendet; auch Mineralstoffe, Spurenelemente, Vitamine und Antioxidantien werden hochdosiert verabreicht. Im Vergleich dazu sind Multivitamin-Präparate wertlos. Da die Substanzen zu niedrig dosiert sind, können sie bestenfalls Mangelerscheinungen verhindern, eine präventive oder gar therapeutische Wirkung im orthomolekularen Sinne ist nicht zu erzielen. Eine optimale Wirkung läßt sich nur bei regelmäßiger Langzeitanwendung in einer komplexen Kombination hochdosierter körpereigener Substanzen erzielen.

■ Orthomolekulare Substanzen

Vitamine

Als Vitamine bezeichnet man in der Nahrung vorkommende lebenswichtige organische Substanzen, die der Organismus nicht oder nicht in genügender Menge synthetisieren kann und deren Energiegehalt ohne Bedeutung ist. Ein relativer Mangel führt zu einer schlechten Gesundheit und zu Erkrankungen, ein völliges Fehlen der Zufuhr führt zum Tode. Fast alle Vitamine sind Enzyme und Coenzyme für eine große Zahl chemischer Vorgänge, die im menschlichen Organismus (einschließlich des Gehirns) ablaufen. Ohne Vitamine finden diese lebensnotwendigen Reaktionen nicht statt. Die chemische Struktur der Vitamine ist sehr uneinheitlich. Man unterscheidet fett-

lösliche (Vitamine A, D, E und K) und wasserlösliche (Vitamine der B-Gruppe: B1, B2, B6, B12, Biotin, Folsäuregruppe, Nikotinsäure, Nikotinsäureamid, Pantothersäure, Vitamin C) Vitamine, die jeweils sehr spezifische Funktionen im Zellstoffwechsel erfüllen. Sie sind häufig Bestandteil von Fermentsystemen oder entfalten komplexe Wirkungen, z.B. das Vitamin C auf das Bindegewebe. Vitamine kommen sowohl in den Nahrungsmitteln pflanzlicher als auch tierischer Herkunft vor. Der Vitamingehalt der Nahrungsmittel ist je nach Produktionsbedingungen, Lagerung und Zubereitung sehr variabel, da bestimmte Vitamine gegenüber Licht, Hitze oder pH-Änderungen empfindlich sind (Vitamin A und C). Nicht jedes Vitamin muß mit der Nahrung zugeführt werden, so wird z. B. Vitamin K von der normalen Darmflora hergestellt. Andere Vitamine hingegen werden im Körper aus bestimmten Aminosäuren oder aus Provitaminen synthetisiert, jedoch nicht immer in genügender Menge [1].

Exakte Zahlen für den täglichen Minimalbedarf an Vitaminen sind noch nicht genau bekannt. Bei Ernährungswissenschaftlern und Medizinern setzt sich immer mehr die Erkenntnis durch, daß die offiziellen Vitaminempfehlungen (s. Abb. 1) nur zur Verhütung von Mangelerscheinungen ausreichen. Auch wenn über die Größenordnungen der Vitamindosen noch diskutiert wird, kann davon ausgegangen werden, daß Vitamine zur Optimalversorgung im Sinne von Lebensverlängerung und Schutz vor chronischen Erkrankungen

weit höher sein müssen als bisher angenommen.

Brubacher (1983, Handbuch der orthomolekularen Therapie) hat versucht, durch Einführung von sechs Stadien der Entwicklung eines Vitaminmangels Rechnung zu tragen.

In der ersten Stufe werden die Gewebespeicher von Vitaminen teilweise entleert. Die Blutspiegel bleiben unverändert. Dann erfolgt eine Verminderung des Umsatzes und damit der Ausscheidung bei immer noch unveränderten Blutspiegeln.

In der dritten Stufe werden vitaminabhängige Enzymreaktionen eingeschränkt. Dabei kann der Blutspiegel verändert sein, er muß es jedoch nicht.

In den ersten drei Stadien ist klinisch nichts zu erkennen; unter Umständen können jedoch langfristig über Jahre oder Jahrzehnte die Ursachen für chronische Erkrankungen (Arteriosklerose, Krebs) gelegt werden.

In der vierten Stufe zeigen sich meist völlig unspezifische klinische Symptome. Selbst in diesem Stadium kann der Blutspiegel evtl. noch Normalität vortäuschen. Erst in der fünften Stufe zeigen sich charakteristische Mangelerscheinungen. Diese können durch Gabe der entsprechenden Vitamine behoben werden.

Schließlich entstehen im sechsten Stadium irreversible Gewebs- und Organschäden, welche sich auch durch Gabe der entsprechenden

Vitamine nicht mehr beeinflussen lassen [6].

Fettlösliche Vitamine

Vitamin A (Retinol)

Vitamin A wird entweder als solches oder in Form des Provitamins Beta-Carotin mit der Nahrung zugeführt. Gelbe Gemüse und Früchte (Aprikosen, gelbe Pfirsiche) sowie die Blätter der grünen Gemüse – also nur pflanzliche Produkte – stellen die Hauptmenge des mit der Nahrung zugeführten Provitamins A dar. Weizen ist die einzige Getreidesorte, die Carotin enthält. Retinol ist in tierischen Produkten wie Milch, Eiern, Fett, Leber und in geringem Maß in Nieren und dem Fett der Muskulatur enthalten.

Die intestinale Aufnahme von Carotin und Retinol erfolgt, wie bei anderen fettlöslichen Vitaminen auch, gemeinsam mit der Fettresorption. Gallensäuren stellen dabei einen unerläßlichen Kofaktor dar. Das aus den aufgenommenen Estern oder Beta-Carotin entstandene Retinol wird in Chylomikronen in die Leber transportiert und in Esterform in Leberzellen gespeichert. Retinsäure wird unverändert resorbiert. Bei Bedarf werden die Retinylester aus der Leber mobilisiert, das daraus entstehende Retinol an ein retinolbindendes Protein gekoppelt und schließlich über Rezeptoren für retinolbindendes Protein (RBP) von den Zellen aufgenommen.

Auch in der Zelle erfolgt wieder eine Retinolbindung an ein retinolbindendes Protein.

Vitamin A ist in veränderter Form im Sehpigment Rhodopsin enthalten und für den Vorgang des Sehens verantwortlich. Darüber hinaus ist Vitamin A unerläßlich für das Wachstum und die Erhaltung der Integrität der Epithelzellen von Haut und Schleimhäuten.

Vitamin-A-Mangel findet sich vor allem in den Entwicklungsländern in Südostasien, Afrika, Zentral- und Südamerika als Folge von Unterernährung. Ein Vitamin-A-Mangel kann auch im Rahmen von Fettresorptionsstörungen bei schweren Leberschäden (mangelhafte Synthese von RBP) und bei nephrotischem Syndrom (Proteinverlust) auftreten.

Der Vitamin-A-Mangel äußert sich in einer Plattenepithelmetaplasie im Respirations-, Gastrointestinal- und Urogenitaltrakt mit Keratinisierung. Im Auge kommt es zu Xerose (Xerophthalmie) der Konjunktiva mit Ersatz des schleimproduzierenden Epithels durch Plattenepithel und zu Schädigungen der Kornea mit Keratomalazie und eventueller Erblindung. Da Vitamin A ein wichtiger Bestandteil des Pigments der Stäbchen und Zapfen der Retina ist und damit eine wichtige Rolle beim Sehvorgang spielt, ist das früheste Zeichen des Vitamin-A-Mangels die eingeschränkte Sehfähigkeit in der Dämmerung (= Nachtblindheit).

Darüber hinaus ist das Körperwachstum gestört, welches zunächst das Skelett, später auch das Bindegewebe betrifft. Es kann außerdem zu einer erhöhten Anfälligkeit für Infektionen und zu Hautschäden kommen. Als Aus-

wirkungen einer latenten leichteren Unterversorgung an Vitamin A werden die Erhöhung des Risikos für bestimmte Krebserkrankungen (Brust-, Gebärmutter-, Dickdarm-, Lungen- und Prostatakrebs), Herzkrankungen und Schlaganfall diskutiert. Pankreaserkrankungen und Alkoholismus gehen häufig mit einem Vitamin-A-Mangel einher. Bei Alkoholikern gibt es Hinweise, daß bei ihnen die Umwandlung von Beta-Carotin in Vitamin A beeinträchtigt ist.

Die generelle Bedeutung des Retinols liegt wahrscheinlich in der Erhaltung der strukturellen Integrität und der normalen Permeabilität der Zellmembranen sowie der subzellulären Partikel (Lysosomen oder Mitochondrien). Wegen dieser Funktion wirkt Vitamin A präventiv auf die Entstehung einiger Krebsarten. Des weiteren werden dem Vitamin A Aufgaben im Team der Antioxidantien und bei der Fortpflanzung zugeschrieben. Da die verschiedenen Retinoide eine verschieden hohe Vitamin-A-Aktivität besitzen können, werden die Mengen an Vitamin A meist in sog. "Internationalen Einheiten" = I.E. angegeben. Dabei entsprechen 0,3 mg Vitamin A (Retinol) 1.000 I.E.. Der tägliche Mindestbedarf liegt bei 4,6 µmol (2,4 mg) Beta-Carotin (4.000 IE) und 1 µmol (0,3 mg) Retinol (1.000 IE) beim Erwachsenen (insgesamt 5.000 IE) [2].

Vitamin-A-Toxizität

Nebenwirkungen einer Vitamin-A-Therapie können sein: Appetitverlust, Kopf- und Muskelschmerzen, Haarausfall, Abschälen der Haut, Nasenbluten, Schlafstörungen etc.

(allerdings nur bei sehr hohen Dosen von täglich ca. 50.000-100.000 IE. Bei Vitamin-A-Überdosierung kann es zu neurologischen Symptomen kommen. Bei chronischer Vitamin-A-Vergiftung resultieren Leberparenchymschädigung und Fibrose, Entwicklung von Exostosen und ein vorzeitiger Fontanelenschluß bei Kleinkindern. Bei Schwangeren wurden Fehlbildungen des Embryos beobachtet. Daher sollten Schwangere keine frische Leber essen, da 100 g Leber ca. 40.000 IE beinhalten [6].

Vitamin D (Calciferole)

Die beiden Calciferole Vitamin D₂ (Ergocalciferol) und Vitamin D₃ (Cholecalciferol) entstehen aus Provitaminen durch Katalyse mit Hilfe der UV-Strahlung des Sonnenlichts.

In hoher Konzentration kommen Calciferole in Meeresfischen und in geringen Mengen auch in Milchprodukten, Eiern und Speisepilzen vor. Vitamin D wird im Fettgewebe gespeichert. Die funktionell aktive Form ist das 1,25-Dihydroxy-Vitamin-D (Kalzitriol), wobei die Umwandlung zuerst in der Leber zu 25-Hydroxy-Vitamin-D und dann in der Niere zu 1,25-Dihydroxy-Vitamin-D erfolgt.

Die biochemische Bedeutung von Vitamin D liegt in seiner funktionellen Stellung für die Calcium-Resorption und Verkalkung in Knochen im jugendlichen Organismus und für die Calcium-Resorption und -mobilisierung aus den Knochen beim Erwachsenen. Auch der Phosphatstoffwechsel und die alkalische Phosphatase im Blut wird durch Vitamin D regu-

liert. Die Wirkung von Vitamin D auf den Knochen hängt vom Serum-Ca²⁺-Spiegel ab: Bei Hypokalziämie fördert es die Ca²⁺- und Phosphatfreisetzung aus dem Knochen im Zusammenwirken mit Parathormon (durch Stimulation des Osteoklasten-mediierten Knochenabbaus). Andererseits ist Vitamin D wesentlich an der Mineralisation des Epiphysenknorpels und des Osteoids beteiligt, möglicherweise durch Stimulation der Synthese der Ca²⁺-bindenden Proteine Osteokalzin und Osteonektin. Vitamin D hat auch Funktionen bei der Immunregulation und bei der zellulären Differenzierung und Proliferation. Eine Vitamin-D-Therapie wird angestrebt bei chronischen Nierenerkrankungen, da bei schwer geschädigten Nieren Vitamin D nicht aktiviert werden kann. Ebenso geschieht dies bei Osteoporose, Herzerkrankungen und Krebs.

In der Wachstumsphase ist eine tägliche Zufuhr von 0,026 µmol (10 µg) Vitamin D zur Verhinderung der Rachitis ausreichend, der Erwachsene benötigt nur etwa 0,006 µmol (2,5 µg) [2,3].

Vitamin-D-Mangel

Ein Vitamin-D-Mangel resultiert aus:

- verminderter endogener Synthese durch inadäquate Sonnen-(UV-)Bestrahlung oder aus verminderter Aufnahme durch Mangelernährung
- mangelhafter Resorption (z.B. bei allen Erkrankungen, die mit einer Störung der Fettresorption einhergehen: Cholestase, Pankreasinsuffizienz, Enteritiden)

- Störung des Vitamin-D-Metabolismus und der Vitaminaktivierung (diffuse Lebererkrankungen, chronische Niereninsuffizienz, nephrotisches Syndrom mit vermehrter Ausscheidung von Vitamin-D-bindenden Proteinen, Enzymdefekte, vermehrter Abbau von Vitamin D)
- Organresistenz gegenüber Vitamin D (z.B. mangelhafte Resorption von Vitamin D im Dünndarm durch Rezeptordefekt, mangelhafte Wirkung des Vitamins auf den Knochen).

Die mangelhafte Mineralisation äußert sich im wachsenden Knochen bei Säuglingen und Kindern durch Störung der enchondralen Ossifikation als Rachitis, nach Abschluß des Wachstums als Osteomalazie. Durch Hypokalziämie und verminderte Ca²⁺-Konzentration in der extrazellulären Flüssigkeit kann es zu einer Dauererregung der Muskulatur mit Muskelkrämpfen, zur hypokalziämischen Tetanie, kommen. Bei der Überdosierung kommt es zu einem erhöhten Blutspiegel von Kalzium (Hyperkalziämie), zu Appetitlosigkeit, Übelkeit, Erbrechen, gesteigertem Durst und im akuten Stadium zu Herzrhythmusstörungen. Daher sollte bei Dauereinnahme die Tagesdosis von 25-50 µg nicht überschritten werden und der Blutspiegel ständig kontrolliert werden. Eine übermäßige Sonneneinwirkung (oder zu viel künstliche "Höhen-sonne") führt nicht zu einer Vitamin-D-Intoxikation, da die Produktion von Vitamin D in der Haut physiologisch gesteuert wird und bei hoher Einstrahlung die Produktion gedrosselt bzw. einge-

stellt wird. Eine weitere Möglichkeit der Haut, sich vor einer übermäßigen Vitamin-D-Produktion durch Sonneneinwirkung zu schützen, besteht in der Bräunung der Haut.

Vitamin E (Tocopherole)

Träger der biologischen Vitamin-E-Wirkung sind fettlösliche Tocopherole und Tocotrienole, von denen das α -Tocopherol am wirksamsten ist.

Die zahlreichen therapeutischen und präventiven Wirkungen beruhen vor allem auf der antioxidativen Funktion von Vitamin E zum Schutz vor freien Radikalen. Sie schützen insbesondere Carotinoide, Thiolgruppen und vor allem hochungesättigte Fettsäuren vor einer Oxidation. Bemerkenswert ist die Fähigkeit des Tocopherols, die schädliche bzw. giftige Wirkung verschiedener experimenteller Nahrungsformen aufzuheben. So kommt es bei Versuchstieren unter einer Spezialdiät mit niedrigem Proteingehalt und besonderem Mangel an schwefelhaltigen Aminosäuren nach etwa 45 Tagen zu einer akut einsetzenden, massiven Lebernekrose, die durch Tocopherole vermindert oder zumindest gemildert werden kann.

Vitamin E kommt reichlich in Getreidekörnern vor, ferner in Gemüse und Pflanzenölen sowie Margarine, Milch und Milchprodukten, Nüssen, Eiern, Innereien, Fisch und Fleisch. Für die Resorption sind normale Gallesekretion und Pankreasfunktion notwendig. Vitamin E wird im Blut in Form von Chylomikronen transportiert

und in Fettgewebe, Leber und Muskel gespeichert.

Es spielt im Muskelstoffwechsel eine wichtige Rolle. So kommt es beispielsweise in den glatten Muskelfasern des Uterus und des Darms zum Auftreten von Lipofuszin-ähnlichem Pigment. Daneben sind direkte Wirkungen auf Zellmembranen, auf den Eiweißstoffwechsel, auf das Nervensystem, auf die Blutplättchenaggregation und die Immunabwehr bekannt.

Vitamin-E-Mangel

Resorptionsstörungen von Lipiden (Malabsorption) sowie Lipoproteinbildungsstörungen (A- β -Lipoproteinämie) können zu Vitamin-E-Mangelercheinungen führen. Ein Mangel tritt vor allem bei Kindern häufig auf. Die Folgen sind vor allem degenerative Veränderungen im Zentralnervensystem mit Demyelinisierung und Nervenzellverlust (z.B. N. trigeminus, N. vagus, N. acusticus) sowie eine Verkürzung der Erythrozytenüberlebenszeit. Von großer Bedeutung sind jedoch latente Mangelercheinungen, die mit zahlreichen Krankheiten in Beziehung gebracht werden, z.B. Arteriosklerose, Krebs, Infektionen, Alterungserscheinungen, Rheuma, Diabetes, Nervenerkrankungen, Katarakte (grauer Star, Altersstar) und Schlaganfall. Vor allem bei Diabetikern ist das Vitamin E eines der wichtigsten Antioxidantien, welches selbst diabetische Spätfolgen verzögern bzw. auch reduzieren kann [7].

Beim Tier entwickeln sich unter Vitamin-E-Mangel Abortneigung, verminderte Spermatogenese, Ho-

denatrophie und Sterilität.

Die empfohlene tägliche Zufuhr von Vitamin E liegt bei 65-78 μmol (25-30 mg) und ist bei durchschnittlicher Ernährung nicht immer voll gewährleistet. Der Bedarf hängt stark von der Zufuhr hochungesättigter Fettsäuren ab. Von verschiedenen Autoren wird inzwischen eine Zufuhr von 100-200 mg/Tag empfohlen, um oxidativen Zellschäden vorzubeugen, z.B. bei Rauchern, Schwerarbeitern, herzkranken Personen, Personen unter Strahlentherapie und Chemotherapie. Bei bis zu 800 mg/Tag wurden keine Nebenwirkungen beobachtet, bei sehr hoher Dosierung (3 g/Tag) wurden in Einzelfällen Verdauungsstörungen, Müdigkeit und Muskelschwäche beschrieben.

Vitamin K (Phyllochinone)

Vitamin K wird einerseits durch die bakterielle Darmflora gebildet, andererseits wird es über die Nahrung (Gemüse, Milch, Innereien, Pflanzenöle) aufgenommen. Die Resorption erfordert intakten Gallenfluß und normale Pankreasfunktion. Das endogen gebildete Vitamin K kann den Bedarf nicht decken. Vitamin K ist ein Kofaktor einer hepatischen mikrosomalen Karboxylase und verhindert zu starke Blutungen (antihämorrhagische Wirkung); es hat außerdem Bedeutung für den Aufbau der Knochen. Vitamin K wird häufig bei Neugeborenen und Kleinkindern eingesetzt, da hier oft ein Mangel vorliegt. Des Weiteren wird es substituiert bei Darmerkrankungen (Zöliakie, Morbus Crohn), bei Arzneimitteltherapie

(Antibiotika, Antikonvulsiva und Koagulanzen), bei Krebs (präventiv, da es evtl. antioxidativ wirkt) und bei Osteoporose.

Vitamin-K-Mangel

Da die Blutgerinnungsfaktoren II (Prothrombin), VII, IX und X Vitamin-K-abhängig carboxyliert werden, führt Vitamin-K-Mangel zu Störungen der Blutgerinnung. Malabsorption kann die Aufnahme von Vitamin K aus dem Dünndarm beeinträchtigen. Durch Breitspektrumantibiotika wird die Darmflora und damit die endogene Vitamin-K-Produktion reduziert. Vitamin-K-Mangel führt zu Blutgerinnungsstörungen und äußert sich in Form von Blutungen, d.h. einer Verlängerung der Gerinnungszeit des Blutes. Auch Antikoagulantien wie Cumarine können Vitamin-K-Mangel hervorrufen.

Der Bedarf an Vitamin K ist nicht genau bekannt und liegt schätzungsweise zwischen 2,2 nmol und 4,4 µmol (0,0012mg) pro Tag [2]. Überdosierungswirkungen sind nicht bekannt.

TEIL 2

Wasserlösliche Vitamine

Vitamin C (L-Ascorbinsäure)

Mit Ausnahme des Menschen und anderer Primaten sowie des Meerschweinchens können alle Tierespezies L-Ascorbinsäure aus Glucose synthetisieren.

Ascorbinsäure kommt in erheblichen Mengen in grünen und roten Paprikaschoten, Petersilie, dem Saft von Tomaten, Zitronen, Apfelsinen und Grapefruit sowie in Spi-

nat, Rosenkohl und Kartoffeln vor. Die in Nahrungsmitteln enthaltene Ascorbinsäure wird durch Kochen bei hoher Temperatur leicht zerstört. Gekochte Speisen enthalten deshalb in der Regel nur etwa halb so viel Ascorbinsäure wie im rohen Zustand. Vitamin C wird im Dünndarm über einen energieabhängigen aktiven Transportmechanismus resorbiert.

Da Ascorbinsäure in einer reversiblen Reaktion Wasserstoff (bzw. Elektronen) abgeben kann (Hydroxylierungsreaktion), wirkt sie als wichtiges Anti-Oxidans. Im Organismus kommt es entweder in seiner reduzierten Form als L-Ascorbinsäure oder in der reversibel oxidierten Form als L-Dehydroascorbinsäure vor. Dieses biologische Redoxsystem dürfte für den Stoffwechsel an vielen Orten von großer Bedeutung sein. Die vielfältigen biochemischen Effekte von Vitamin C sind allerdings erst teilweise bekannt. Im Hinblick auf die Haut ist bekannt, daß Vitamin C für die Fibroblastenaktivität beim Aufbau von Bindegewebe, speziell bei der Kollagensynthese als Kofaktor der Hydroxylierung des peptidgebundenen Prolins von besonderer Wichtigkeit ist. Auch die interzellulären Kittsubstanzen in Epithelien bedürfen zu ihrer Ausbildung des Vitamin C. Außerdem verhindert Vitamin C die Nitrosaminbildung aus Nitraten (Krebsprophylaxe), die über stark gedüngte landwirtschaftliche Produkte in die Nahrung gelangen [2,3]. Darüber hinaus ist Vitamin C beteiligt an der Eisenresorption, an der Immunmodulation, an der Biosynthese von Neurotransmittern des Gehirns und an der Syn-

these von Carnitin. Insgesamt hat Vitamin C damit eine positive Wirkung bei Erkältungskrankheiten und Infektionen, Schwermetallbelastung, Tumorerkrankungen, Fettstoffwechselstörungen, ischämischen Herzerkrankungen, psychischen Erkrankungen und Rauchen. Die Gabe von Vitamin C führt zur Senkung von Cholesterin und erwünschter Anhebung von HDL-Cholesterin. Vor allem bei Diabetikern kann das Vitamin C so die Gefäßsituation und die Wundheilung verbessern. Außerdem hat es ebenfalls die Fähigkeit, verbrauchtes Vitamin E zu regenerieren. Eine unzureichende Versorgung mit Vitamin C ist ein wesentlicher Grund für das Auftreten von Arteriosklerose. Vitamin C kann in Verbindung gebracht werden mit Depressionen und dem hirnorganischen Psychosyndrom. Zigaretten- und Tabakrauch zerstören weitgehend das antioxidative Vitamin C. Der stark erniedrigte Vitamin-C-Spiegel führt dann zu Herz- und Krebserkrankungen [7].

Vitamin-C-Mangel geht auf Mangelernährung zurück und führt zum Skorbut (z.B. bei alten Menschen, Alkoholikern). Folgen sind Blutungen (Purpura, Ekchymosen, Gelenkblutungen, subperiostale Blutungen), Störung der Osteoidbildung, Störung der Wundheilung sowie Anämie.

Die Minimaldosis von Ascorbinsäure zur Verhinderung des Skorbut (Vitamin C-Mangelsyndrom) beträgt 57 µmol (10 mg) pro Tag, eine optimale Versorgung ist bei Erwachsenen mit 426 µmol (75 mg) pro Tag gewährleistet [2,6].

Eine Überdosis ist praktisch nicht möglich. Als einzige Nebenwirkung ist eine laxierende Wirkung bekannt. Sie läßt sich evtl. durch Einnahme von Vitamin C mit einer Mahlzeit verhindern, ebenso wie durch die Gabe von Vitamin C als Natriumsalz der Ascorbinsäure (Natriumascorbat).

Vitamine der B-Gruppe

Vitamine der B-Gruppe werden über die Nahrung aufgenommen und im Dünndarm resorbiert. Sie finden sich in Blattgemüsen, Getreide, Hefe, Leber und Milch.

Vitamin B1 (Thiamin/Aneurin)

Thiamin kommt praktisch in allen pflanzlichen und tierischen Nahrungsstoffen vor, jedoch im allgemeinen nur in geringen Mengen. Die höchsten Konzentrationen finden sich in ungemahlenen Getreidesorten, da insbesondere die Alleuronschicht der Körner (Reis, Weizen, Gerste, Roggen) reich an Thiamin ist. Durch Ausmahlen der Getreide geht der größte Teil von Vitamin B1 mit der Kleie verloren. Darüber hinaus kommt es in Bier- und Bäckerhefe, Leber, Herz, Nieren und magerem Schweinefleisch vor. Bei starkem Kochen geht auch hier das Vitamin verloren [2,3]. Bei Resorption entsteht durch Phosphorylierung das aktive Enzym (Thiaminpyrophosphat), das eine Rolle bei der Synthese von ATP, für die Integrität neuraler Membranen und bei der Nervenleitung spielt. Der Thiaminmangel entsteht durch thiamindefiziente Nahrung (z.B. polierter Reis, stark ausgemahlene weißes Mehl, Zucker) und durch generelle Man-

gelernährung (z. B. im Rahmen von Alkoholismus). Konsequenzen des Thiaminmangels sind die Beri-Beri-Erkrankung und das Wernicke-Korsakow-Syndrom.

Die Beri-Beri-Erkrankung läßt sich in eine trockene Form mit neuromuskulären Symptomen (Polyneuropathie) und in eine feuchte Form mit der klinischen Manifestation einer Herzinsuffizienz (Ödeme) einteilen:

- Bei der trockenen Beri-Beri-Erkrankung kommt es zu Sensitivitätsverlust, verminderten Reflexen sowie zu Schwäche und Atrophie der Extremitätenmuskulatur durch Myelindegeneration, gelegentlich auch zu Unterbrechung der Axone sowie Schädigung der Vorderhornganglienzellen und der Hinterstränge des Rückenmarkes.
- Bei der feuchten Beri-Beri-Erkrankung finden sich, allerdings inkonstant, ein vergrößertes, dilatiertes Herz, generelle Gefäßerweiterung und periphere arteriovenöse Shunts. Die weiteren Folgen sind Herzinsuffizienz sowie generalisierte Ödeme.

Das Wernicke-Korsakow-Syndrom äußert sich klinisch in Ataxie, Verwirrtheit, Orientierungsverlust und Apathie. Histologisch finden sich im Bereich der paraventriculären Anteile von Thalamus und Hypothalamus, in den Corpora mamillaria, in der Umgebung des Aquaeductus Sylvii, am Boden des IV. Ventrikels und im vorderen Anteil des Kleinhirns eine Vermehrung von Blutgefäßen, Blutungen, Nervenzelldegeneration und -untergang sowie Gliaver-

mehrung [5].

Beim latenten subklinischen Mangel treten unspezifische Symptome auf, z.B. Appetitmangel, Müdigkeit, Schlaflosigkeit, Verdauungsstörungen. Ein latenter Mangel kann auftreten bei Alkoholmißbrauch, Leberschäden, Reduktionskost, hoher Kohlenhydrataufnahme, älteren Menschen, Diabetes. Ein latenter subklinischer Vitamin-B1-Mangel ist relativ häufig! Eine vorsorgliche Vitamin-B1-Zufuhr erfolgt bei Polyneuropathie, Lebererkrankungen, Alkoholismus, Darmerkrankungen, Schwangerschaft, Leistungssport, Reduktionsdiäten, älteren Menschen.

Es ist schwierig, einen festen Wert für den täglichen Thiaminbedarf anzugeben. Die benötigte Vitaminmenge steigt bei erhöhtem Stoffwechsel wie Fieber, Hyperthyreose, gesteigerter Muskeltätigkeit, Schwangerschaft und Laktation. Außerdem ist sie abhängig von der Zusammensetzung der Nahrung, da Fette und Proteine den täglichen Bedarf vermindern, Kohlenhydrate jedoch vermehren. Zur Errechnung des Mindestbedarfs geht man deshalb von der Energiezufuhr aus. 0,30-0,36 μmol (0,10-0,12 mg) Thiamin pro 1.000 kJoule sollten zugeführt werden [2]. Zu einer Überdosierung kann es aufgrund der Wasserlöslichkeit nicht kommen. Oral verabreicht hat Vitamin B1 eine sehr geringe Toxizität. Nebenwirkungen wurden bei oraler Anwendung und extrem hohen Dosen nicht beobachtet [6].

Vitamin B2 (Riboflavin)

Riboflavin kommt in pflanzlichen und tierischen Produkten vor, insbesondere in Hefe, Eiern, Milch, Leber, Fisch, Nieren, Herzmuskel sowie in vielen Gemüsen. Die gelbliche Farbe der Molke beruht auf ihrem Riboflavingehalt. Riboflavin ist ein essentieller Bestandteil von Flavin-Koenzymen, die in Zellen an diversen Redoxreaktionen teilnehmen, und von mitochondrialen Enzymen besonders der Atmungskette. Es kommt daher vor allem in Zellen mit hoher Stoffwechselintensität vor. Es ist für den Zellstoffwechsel (Kohlenhydrate, Aminosäuren, Fettsäuren und anderen Vitaminen) von hoher Bedeutung.

Kochen der Lebensmittel zerstört nur wenig Vitamin B2, allerdings geht es dabei ins Kochwasser über. Vor allem ältere Menschen bekommen relativ leicht einen Mangel. Mangelerkrankungen in latenter oder manifester Form sind schwer erkennbar, da sie meist zusammen mit anderen Mangelerkrankungen auftreten.

Erste Mangelsymptome sind Müdigkeit, Entzündungen der Mund- und Nasenschleimhaut, Veränderungen um Lippen und Nase, Läsionen am Auge, Netzhautveränderungen. Häufig ist ein subklinischer Mangel, erkennbar z.B. an der EGR-Aktivität (Erythrozyten-Glutathion-Reduktase) [6].

Bei Mangel kann es zu Schäden der Lippen, Mundwinkelfissuren (Cheilosis), lokalisierter seborrhoischer Dermatitis sowie besonderen Formen der Glossitis (Landkarten-

zunge) und verschiedenen funktionellen und organischen Störungen des Auges kommen [2,3]. Riboflavinmangel resultiert aus Mangelernährung vor allem bei Senioren, Diabetes, Darmentzündungen und Alkoholismus. Nebenwirkungen durch Überdosierung sind eine völlig harmlose Gelbfärbung des Urins durch die vermehrte Ausscheidung von Riboflavin.

Der Mindestbedarf an Riboflavin beträgt beim Erwachsenen etwa 0,3 µmol (0,1 mg) pro 1.000 kJoule [2].

Vitamin B3 (Nikotinsäureamid)

Niacin (Nikotinsäure, Nikotinamid) ist eine Komponente der Koenzyme Nikotinamid-Adenindinukleotid (NAD) und Nikotinamid-Adenindinukleotidphosphat (NADP), die eine wichtige Rolle im Intermediärstoffwechsel spielen.

Besonders reiche Quellen sind Getreide, Hülsenfrüchte, Milch, Pflanzenöle, Hefe, mageres Fleisch, Leber und Geflügel. In Mais ist es in gebundener, nichtresorbierbarer Form enthalten. Es kann auch endogen aus Tryptophan entstehen.

Beim Rösten von Kaffee entsteht Nikotinsäure in beträchtlichen Mengen. Nikotinsäureamid ist Bestandteil der wichtigsten Wasserstoff-übertragenden Koenzyme und damit wesentlicher Bestandteil zahlreicher Enzyme des Intermediärstoffwechsels innerhalb der Glykolyse, des Pyruvatstoffwechsels und der Pentosebiosynthese.

Die Mangelerkrankung wird als Pellagra bezeichnet und findet sich, wenn Mais das Hauptnahrungsmittel darstellt (in Afrika, Indien). Sporadische Fälle gehen auf Alkoholismus, langdauernde Diarrhöen, chronische Erkrankungen (Tuberkulose, Leberzirrhose, Tumoren), Dünndarmresektionen und Tumorerkrankungen zurück. Das klinische Bild der Pellagra ist durch Dermatitis (braune Hautpigmentierungen insbesondere in den lichtexponierten Hautarealen), Diarrhö und Demenz sowie Stomatitis, Glossitis oder Vulvitis charakterisiert. Die beiden ersten Veränderungen gehen auf die Atrophie von Haut und Schleimhäuten zurück. Die Demenz beruht auf der Degeneration von Nervenzellen und von Fasersträngen des Rückenmarkes [2,3,5].

Der Bedarf des menschlichen Organismus an Nikotinsäure wird durch die tägliche Energiezufuhr sowie vor allem durch den Proteingehalt der Nahrung beeinflusst, da die Aminosäure Tryptophan einen großen Teil des Niacinbedarfs decken kann. Zur Deckung des Bedarfs genügen 13 µmol (1,6 mg) Niacin pro 1.000 kJoule [2].

Bei der Überdosierung durch Nikotinsäure, nicht aber Nikotinamid, kann es zu einem vasodilatatorischen Effekt mit Hitzewallungen und Hautjucken (Flush) kommen [6].

Vitamin B6 (Pyridoxin)

Träger der Vitamin-B6-Aktivität sind Pyridoxin, Pyridoxal und Pyridoxamin sowie deren Phosphate. Sie werden im Organismus zu Pyri-

doxal-5-Phosphat umgewandelt, welches als Koenzym bei der Decarboxylierung und Transaminierung im Intermediärstoffwechsel von Aminosäuren eine Schlüsselstellung einnimmt. Es spielt auch eine Rolle bei Enzymen, die mit der Umwandlung von Linolensäure in Arachidonsäure (Ausgangsstoff von Prostaglandinen) zu tun haben. Des Weiteren ist es auch beteiligt an der Synthese des Häm-vorläufers o-Aminolävulinsäure, es beeinflusst Neurotransmitter im Gehirn und Nukleinsäuren.

In hoher Konzentration ist das Vitamin in Hefe, Weizen, Mais, Leber, Fleisch, Fisch, Kartoffeln, Karotten sowie in etwas geringerer Menge in Milch, Eiern und grünem Gemüse enthalten, kann aber bei Zubereitung der Nahrung zerstört werden (z.B. bei Babynahrung).

Vitamin-B6-Mangel kann durch inadäquate Ernährung, insbesondere auch bei erhöhtem Bedarf in der Schwangerschaft, bei stillenden Müttern und bei Hyperthyreose entstehen. Bei Alkoholikern kann Acetaldehyd als Alkoholabbauprodukt mit der Vitamin-B6-Wirkung interferieren. Ein derartiger Effekt wird auch Östrogenen und verschiedenen Medikamenten (z.B. dem Tuberkulostatikum Isoniazid) zugeschrieben. Folgen des Vitamin-B6-Mangels sind Störungen der Antikörpersynthese und der T-Zell-Funktion [5,6].

Im Tierexperiment führt Vitamin-B6-Mangel zu Wachstumsstörungen, Akrodynie, mikrozytärer hypochromer Anämie, Krampfzuständen sowie Dermatitis (se-

borrhoisches Ekzem, Stomatitis angularis, Cheilosis, Glossitis) [2,3]. Laborchemisch zeigt sich ein latenter Mangel z.B. an erniedrigten Serumkonzentrationen von Pyridoxal-Phosphat. Es hat eine positive Wirkung bei Darmerkrankungen (z.B. Zöliakie), prämenstruellem Syndrom, Lebererkrankungen, Arzneimittelleinnahme (L-Dopa, Penicillamin, Kontrazeptiva und Östrogenen), Anämien, Herzerkrankungen, Tumorerkrankungen und neurologischen Störungen.

Aufgrund der besonderen Bedeutung des Pyridoxins für den Aminosäurenstoffwechsel wird der tägliche Bedarf weitgehend durch die zugeführte Proteinmenge bestimmt und beträgt pro 100 g zugeführtem Protein 9-12 µmol (1,5-2,0 mg) [2].

Eine Überdosierung ist nicht bekannt. Bei extrem hohen Dosen (individuell verschieden ab etwa 1.000 mg/Tag) kann jedoch Gefühllosigkeit in Fingern und Zehen auftreten. Bei Daueranwendung sollten 300-500 mg/Tag nicht überschritten werden.

Vitamin B12 (Zyanocobalamin)

Dieses Vitamin findet sich fast ausschließlich in Nahrungsmitteln tierischer Herkunft, während pflanzliche Nahrung nur sehr wenig Vitamin B12 enthält. Besonders reichlich ist es in frischer Leber und Niere, aber auch in Fleisch, Fisch, Milchprodukten und Eiern. Das Vitamin B12 ist mikrobiellen Ursprungs. Für die Resorption ist der in den Belegzellen der Magenschleimhaut gebildete

Intrinsic-Faktor notwendig. Der Intrinsic-Faktor-Vitamin-B12-Komplex ist proteolyseresistent. Er bindet im distalen Ileum an Rezeptoren der Darmepithelzellen. Nach Resorption wird Vitamin B12 im Plasma an ein in der Leber synthetisiertes Trägerprotein gebunden und über Rezeptoren in Zellen aufgenommen.

Als Koenzym verschiedener Enzyme im Intermediärstoffwechsel spielt es eine lebenswichtige Rolle, z.B. für die Synthese von RNA und Fettsäuren. Folsäure ergänzt die Wirkung des Vitamin B12. Die wichtigste Ursache für den Vitamin-B12-Mangel ist die verminderte Synthese des Intrinsic-Faktors oder auch Resorptionsstörungen desselben neben Zöliakie. Ansonsten leiden häufig Vegetarier an Vitamin-B12-Mangel.

Zeichen von Vitamin-B12-Mangel sind in jedem Fall eine makrozytäre hyperchrome Anämie (perniziöse Anämie), neurologische Erscheinungen, symmetrische Hyperpigmentierungen an der Haut und Mundschleimhaut (Möller-Hunter-Glossitis) [2,3]. Positive Wirkungen sind damit bei perniziöser Anämie, Herzerkrankungen, Neuropathien (zusammen mit Folsäure) und psychischen Störungen zu erwarten.

Erwachsene benötigen täglich etwa 1,5-2,2 nmol (2-3 µg) [2]. Eine Überdosierung ist nicht bekannt.

Folsäure (Pteroylglutaminsäure)

Folsäure (v.a. Tetrahydrofolat) zählt zu den Vitaminen des B-Komplexes und ist besonders

reichlich vorhanden in Leber (Speicherorgan) und grünem Gemüse, aber auch in Früchten, Fisch und Fleisch. Durch Kochen wird Folsäure zerstört.

Beim Menschen spielt sie als Tetrahydrofolsäure als Überträger von aktivierter Ameisensäure und aktiviertem Kohlenstoff eine wichtige Rolle im Stoffwechsel von 1-Kohlenstoffsubstanzen und ist besonders beim Aufbau der Purinbasen bei der Biosynthese von Nucleinsäuren beteiligt.

Hauptsymptome des Folsäuremangels sind eine makrozytäre hyperchrome Anämie (ähnlich dem Vitamin-B12-Mangel), Granulozytopenie und Thrombozytopenie, sowie Schleimhautveränderungen im Magen-Darm-Trakt, welche zu Durchfällen und Abmagerungen führen. Auch Depressionen und neurologische Störungen können auftreten. Die Mangelkrankheit resultiert aus verminderter Aufnahme, erhöhtem Bedarf oder verminderter Verwertung. Eine verminderte Aufnahme geht auf inadäquate Ernährung zurück, wie dies auch bei Alkoholikern, bei sehr alten Menschen und bei Malabsorption der Fall ist. Ein relativer Mangel kann bei Schwangerschaft, Tumoren und hämolytischer Anämie (hyperaktive Hämatopoese!) auftreten [2,3]. Gesundheitsfördernde Wirkungen sind bei Herzerkrankungen, psychischen Erkrankungen und neurologischen Störungen zu erwarten [5,6].

Es sollten täglich mindestens 0,33-0,44 μmol (150-200 μg) Folsäure aufgenommen werden [2].

Bei der makrozytären hyperchromen Anämie infolge eines Vitamin-B12-Mangels darf Folsäure erst nach Behebung dieses Mangels oder aber direkt mit Vitamin B verabreicht werden; es besteht sonst die Gefahr neurologischer Schäden.

Eine toxische Überdosierung ist nicht bekannt. Hohe Dosen (ca. 15 mg/Tag) können zu gastrointestinalen Störungen, Schlaflosigkeit und Reizbarkeit führen.

Pantothensäure

Die Pantothensäure zählt ebenfalls zu den Vitaminen des B-Komplexes und ist besonders reichlich in Leber, Milch, Eigelb, Hefe und Getreidekeimen enthalten.

Pantothensäure ist ein Bestandteil des Koenzym A, welches Essigsäure und andere Karbonsäuren in aktivierte Verbindungen überführt. Acetyl-Coenzym A spielt eine wesentliche Rolle im Energiestoffwechsel, nämlich in der Fettsäuresynthese, im Zitronensäurezyklus sowie in der Cholesterin- und Steroidsynthese und damit in allen wesentlichen Zellfunktionen. Im Tierexperiment führt Pantothensäure-Mangel zu trophischen Störungen der Haut und Schleimhäute sowie neurologischen Veränderungen wie Muskelschwäche, Parästhesien. Auch beim Menschen soll ein Pantothensäure-Mangel in manchen Fällen Kopfschmerzen, Müdigkeit, Durchfall, verminderte Infektionsresistenz, Glossitis, Haarwachstumsstörung und schlechte Wundheilung induzieren [2,3]. Positive Wirkungen sind bei pathologischen Verände-

rungen der Haut und Schleimhäute und bei Hyperlipidämien (Senkung Cholesterin/Triglyzeride, Erhöhung HDL-Cholesterin) zu erwarten.

Der Bedarf des Erwachsenen wird auf 46 μmol (10 mg) pro Tag geschätzt [2].

Überdosierungen sind keine bekannt. Bei mehr als 10 g/Tag können leichte Darmstörungen auftreten.

Vitamin H (Biotin)

Besonders Biotin-reich sind Leber, Nieren, Hefe, Milch, Hülsenfrüchte, Getreide und Eidotter. Es ist als Wachstumsfaktor für Hefe und kurativer Faktor für Eiweißschäden bekannt. Teilweise kann Biotin endogen hergestellt werden.

Biotin-Mangel soll bei Tieren generalisierte exfolierende Dermatitis, Muskelschmerzen und allgemeine Abgeschlagenheit verursachen [2,3]. Beim Menschen ist der Mangel selten, es kann zu Depressionen und Hautveränderungen kommen.

Der tägliche Biotin-Bedarf des Menschen liegt bei mindestens 40 nmol (10 μg) [2].

Vitamine

Vitamine sind lebenswichtige Substanzen mit Vitamin-ähnlichen Eigenschaften, die der Körper in begrenzter Menge selbst herstellen kann und die auch mit der Nahrung aufgenommen werden. Solange körpereigene Produktion und Zufuhr stimmen, entste-

hen keine Mangelerscheinungen. Bei Krankheit und Alter werden jedoch die Vitaminoidreserven im Körper überdurchschnittlich stark beansprucht. Eine Mangelversorgung beeinträchtigt die Gesundheit langfristig gesehen.

Beta-Carotin

Es sind ca. 500 unterschiedliche Carotinoide bekannt, die alle chemisch untereinander ähnlich sind. Ungefähr 10-15 davon können zumindest teilweise im menschlichen Organismus in Vitamin A umgewandelt werden. Diese bezeichnet man auch als Provitamin A. Wichtigster Vertreter ist das Beta-Carotin. Es hat vor allem Aufgaben als Antioxidans und als Provitamin A.

Praktisch alle Untersuchungen zeigen, daß Krebserkrankungen seltener auftreten, wenn viel Gemüse und Obst, die reich an Carotinoiden und Beta-Carotin sind, verzehrt werden.

Je höher der Blutspiegel an Beta-Carotin ist, desto geringer ist das Risiko, an einer Arteriosklerose zu erkranken. Auch bei Einnahme sehr hoher Mengen (z.B. 200 mg/Tag) über einen längeren Zeitraum sind keine schädlichen Nebenwirkungen bekannt. Es wird teilweise zur Hautbräunung eingesetzt.

Mit dem Verzehr von frischem Obst und Gemüse (v.a. gelbe, orangene Früchte und dunkelgrüne Blattgemüse und Karotten) werden ca. 1 mg Beta-Carotin pro Tag aufgenommen. Das nationale Krebsinstitut der USA empfiehlt jedoch eine Mindestdosis von 5 mg

täglich. Um eine krankheitsverbeugende Wirkung gegen Krebs und Gefäßerkrankungen zu erzielen, ist sogar eine Tagesdosis von mindestens 15-20 mg erforderlich, was nur durch zusätzliche Beta-Carotin-Aufnahme als Nahrungsergänzung zu erreichen ist [6].

Carnitin

Der Mensch kann Carnitin aus den Aminosäuren Lysin und Methionin endogen herstellen. Diese Synthese findet im wesentlichen in Leber und Niere statt und benötigt neben den Aminosäuren noch Eisen, Vitamin C, B6 und Nicotinamid.

Carnitin wird für den Abbau der Fette benötigt. Die langkettigen Fettsäuren werden auf dem Stoffwechselweg der β -Oxidation endomitochondrial zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut. Dadurch gewinnt der Organismus große Mengen an Energie. Die äußere Membran der Mitochondrien ist jedoch für die Fettsäuren unüberwindlich, wenn die Fettsäuren nicht vorher durch Carnitin in Acyl-Carnitin, die Transportform der Fettsäuren, umgewandelt werden. Ohne ausreichend Carnitin können daher die Fettsäuren das Innere der Mitochondrien, das Kraftwerk der Zelle, nicht erreichen. Der Brennstoff Fett kann dann, obwohl ausreichend vorhanden, nicht verbrannt werden.

Der menschliche Organismus enthält ca. 20 g Carnitin.

Ein echter starker Carnitin-Mangel ist genetisch bedingt und wird hervorgerufen entweder durch ei-

ne fehlende Eigensynthese oder eine erhöhte Ausscheidung über den Urin. Die Erkrankung manifestiert sich im Säuglings- und Kleinkindesalter bis zu 2 Jahren. Symptome sind Muskelschwäche, Fettanhäufungen in Organen (v.a. Herz und Leber), Azidosen (Übersäuerungen des Organismus) und Leberschäden. Unbehandelt verläuft dieser schwere Carnitin-Mangel tödlich.

Sekundärer Mangel beruht auf einer verminderten Synthese oder einem erhöhten Bedarf.

Hohe Carnitinmengen sind therapeutisch günstig bei Kardiomyopathie, koronarer Herzkrankheit, chronischer Herzinsuffizienz und Diabetes. Auch bei Ausdauersportarten, Gedeihstörungen bei Kindern, zur Stärkung des Immunsystems und der Hirnleistung sollte Carnitin eingesetzt werden.

Carnitin kann auch unterstützend wirken beim Abnehmen durch Diät, verbunden mit Sport und mehr Bewegung, da es bei einem solchen Vorgehen die Fettverbrennung unterstützt. Die bloße Einnahme von Carnitin kann allerdings nicht überschüssiges Fett verbrennen.

Wenn körpereigenes L-Carnitin verwendet wird, sind keine Überdosierung und Nebenwirkungen zu erwarten.

Die tägliche Carnitin-Aufnahme liegt im allgemeinen bei 10-70 mg und erfolgt vor allem mit Milch und Fleisch. In pflanzlichen Produkten sind dagegen nur sehr geringe Mengen, so daß bei überwie-

gend vegetarischer Ernährung in jedem Fall eine Carnitin-Ergänzung erfolgen sollte [6].

Ubichinon (Q10)

Koenzym Q10 ist eine für alle lebenden Zellen essentielle Substanz, die integraler Bestandteil der in den Mitochondrien ablaufenden Atmungsketten-Phosphorylierung ist. Bei diesem Prozeß wird ein Teil als chemische Energie in Form von ATP konserviert, die bei der Reaktion von Sauerstoff und Wasserstoff unter Bildung von Wasser entsteht. Dieses ATP steht dann als Energielieferant für die zellulären Funktionen (Muskelkontraktion, Aufrechterhaltung von Ionengradienten, Stoffwechsel etc.) zur Verfügung. Neben dieser fundamentalen Funktion ist das Q10 als Antioxidans wirksam und stabilisiert darüber hinaus die Struktur von Membranen. Generell ist jede Zelle in der Lage, Q10 selbst herzustellen. Außerdem wird jedoch auch das mit der Nahrung aufgenommene verwendet. Vor allem Leber, Fleisch und einige Öle enthalten größere Mengen an Q10. Vollkornprodukte enthalten im Kleieanteil des Korns relativ hohe Mengen an Koenzym Q9, welches in der Leber zu Q10 umgewandelt werden kann.

Mit zunehmendem Alter kommt es zu einer Abnahme der Q10-Menge in den verschiedenen Organen, wobei insbesondere das Herz betroffen ist. Es wird diskutiert, inwiefern eine verminderte Umwandlung von Q9 in Q10 zu der allgemeinen Verminderung der verfügbaren Menge von Q10 beitragen kann. Es ist gegenwärtig

nicht klar, inwiefern diese Abnahme durch eine verminderte Biosynthese, unzureichende Aufnahme mit der Nahrung oder durch einen gesteigerten Verbrauch von Q10 durch den vermehrten oxidativen Streß im Alter hervorgerufen wird. Das Wissen über die essentielle Wirkung von Q10 bei der Produktion von ATP, die Abnahme des Q10-Gehaltes der Gewebe im Alter sowie die Beteiligung von Q10 bei der Abwehr freier Radikale führte zu vielen Untersuchungen über die Wirksamkeit einer Q10-Supplementierung in der Therapie verschiedener Erkrankungen. Darüber hinaus kommt ihm zusätzlich eine bedeutende Rolle in der Prävention (z.B. Herzkrankungen, Muskeldystrophien, Hypertonie, Diabetes, Hypercholesterinämie, Tumorerkrankungen) zu [4].

α -Liponsäure (Thioctsäure)

Thioctsäure ist eine schwefelhaltige Fettsäure. Charakteristisch für die Struktur ist der Gehalt von 2 Schwefelatomen in einem Ringsystem. Dadurch kann ein sog. Intramolekulares Redoxsystem gebildet werden, das mit zahlreichen Oxidantien reagieren kann.

Die Liponsäure ist als Coenzym notwendig beim Aufbau von Carbonsäuren und hat in diesem Stoffwechselzyklus enge Beziehungen zu Vitamin B1.

Sie besitzt anscheinend auch antioxidative Eigenschaften.

Liponsäure kommt in den meisten Nahrungsmitteln in geringen Mengen vor. Relativ höhere Kon-

zentrationen sind in Fleisch enthalten, besonders hoch im Herz und in der Leber.

Der Bedarf kann zur Zeit nicht definiert werden, da möglicherweise Bakterien im menschlichen Darm Liponsäure synthetisieren und damit fraglich ist, ob sie für den Menschen überhaupt ein lebenswichtiger Nährstoff ist.

Bisher wurden keine Mangelerscheinungen festgestellt.

Liponsäure wird therapeutisch eingesetzt bei Mißempfindungen, bei diabetischer Polyneuropathie (200-400 mg/Tag), bei Lebererkrankungen (100-300 mg/Tag) und bei Schwermetallvergiftungen.

Überdosierungen und Nebenwirkungen sind nicht bekannt [6].

T E I L 3

Mineralstoffe und Spurenelemente

Mineralstoffe sind, im Gegensatz zu Vitaminen, anorganische Substanzen, die für den reibungslosen Ablauf lebenswichtiger biochemischer Reaktionen im Organismus mitverantwortlich sind. Spurenelemente sind im Grunde genommen ebenfalls Mineralstoffe, die jedoch im Körper in viel geringeren Mengen vorkommen. Zu den Spurenelementen mit physiologischen Funktionen gehören unter anderem Eisen (Baustein des Häm), Jod (Baustein der Schilddrüsenhormone) und Fluor, ferner Kupfer, Mangan, Molybdän und Zink als Bausteine intrazellulärer Enzymsysteme [2].

Mineralstoffe und Spurenelemente werden ständig über Schweiß, Harn und Stuhl ausgeschieden. Sie müssen, da sie der Körper nicht selbst bildet, von außen zugeführt werden. Ein Minus in der Mineralstoffbilanz macht sich häufig schon am Aussehen bemerkbar. So sind beispielsweise brüchige Nägel, schlechte Haut oder brüchiges, glanzloses Haar oft auf ein Mineralstoffdefizit zurückzuführen.

Eisen

Eisen ist eine essentielle Komponente von Hämoglobin, Myoglobin, Cytochromen, Katalase und Peroxidase. Ca. 30% des Eisens ist als Speichereisen an Proteine in Form von Ferritin und Hämosiderin gebunden. Eisen ist in ausreichender Menge in der normalen Nahrung enthalten. Während der frühkindlichen Entwicklung, der Adoleszenz und im Rahmen der Schwangerschaft besteht ein erhöhter Eisenbedarf. Die Eisenresorption aus dem Darm wird durch Ascorbinsäure und andere Säuren gefördert. Eisenmangel ist häufig die Folge von chronischem Blutverlust, mangelhafter Eisenresorption aus der Nahrung (z. B. ist pflanzliches Eisen schlechter resorbierbar als Eisen in tierischen Produkten), erhöhtem Eisenbedarf (Wachstum, Gravidität) oder Malabsorption (z.B. Zöliakie, Morbus Crohn). Folgen sind Eisenmangelanämie, erhöhte Infektanfälligkeit (Störung von Immunreaktionen) und verminderte körperliche Leistungsfähigkeit [5].

Kalzium

Kalzium spielt im Organismus ei-

ne wichtige Rolle als Bestandteil des knöchernen Skelettes, bei der Muskelkontraktion und -relaxation, bei Nervenregung und neuromuskulärer Transmission. Viele Zellfunktionen (z.B. Enzymsysteme) sind kalziumabhängig. Kalzium findet sich in großer Menge in Milch und Milchprodukten, Eiern und pflanzlicher Nahrung. Der Kalziumhaushalt wird durch die konzertierte Aktion von Parathormon und Vitamin D auf Knochen, Niere und Darmmukosa geregelt. Kalziummangel findet sich bei Mangelernährung und bei erhöhtem Bedarf (Knochenwachstum im Kindesalter, Gravidität). Er äußert sich in erhöhter neuromuskulärer Erregbarkeit und Tetanie [5].

Magnesium

Magnesium stellt im Organismus neben Kalzium und Phosphat einen wichtigen Knochenbestandteil dar. Intra- und extrazellulär hat es mit Kalzium vergleichbare Funktionen. Magnesium ist reichlich in der Nahrung vorhanden. Ein Magnesiummangel kann bei massiven Diarrhoen entstehen. Die klinischen Erscheinungen entsprechen weitgehend dem Kalziummangel [5].

Kupfer

Kupfer ist eine wichtige Komponente verschiedener Enzyme (z.B. Cytochrom-C-Oxidase). Es wird aus dem Darm resorbiert und hauptsächlich über die Galle, in geringem Maße aber auch über den Harn ausgeschieden. Kupfermangel ist selten und findet sich nur bei schwerer Mangel-

ernährung, Malabsorption und langdauernder Diarrhoe sowie bei genetisch bedingter Störung der Kupferresorption. Folgen des Kupfermangels sind Anämie, Leukopenie, Störung der Knochenbildung und zentralnervöse Störungen als Folge einer Myelinbildungsstörung [5].

Zink

Zink ist ein wichtiger Bestandteil von Enzymen, die eine Rolle im Protein- und Nukleinsäurestoffwechsel spielen. Zink hat auch vielfältige Wirkungen im Bereich der Immunreaktionen, wo es von entscheidender Bedeutung für die Aufrechterhaltung der Immunhomöostase ist. Es findet sich in ausreichendem Maße in der Nahrung. Eine Mangelsituation kann bei Mangelernährung, gestörter Resorption sowie erhöhtem Verlust (z.B. bei Darmfisteln) entstehen. Zinkmangel führt zu Wachstumsverzögerung bei Kindern, zu Infertilität, Störung der Wundheilung und Hautveränderungen [5]. Untersuchungen haben ebenfalls gezeigt, daß bei Zinkmangel die Speicherung von Insulin im Pankreas vermindert ist und auch die Insulinsensibilität des Gewebes reduziert ist. So konnte man bei Diabetikern die Blutzuckerwerte zusätzlich stabilisieren, vor allem bei Typ-II-Diabetikern, bei denen eine ausreichende Zinkversorgung die Restinsulinproduktion aktivieren konnte, was vielfach Einsparungen oraler Antidiabetika möglich macht [7,8].

Selen

Selen spielt eine Rolle bei der

Prävention von Zellmembranschäden durch freie Radikale.

Bei Selenmangel kommt es zu Myopathien von Herz- und Skelettmuskel. Ursachen sind selenarme Nahrung, Malabsorption und inadäquate parenterale Ernährung [5].

Chrom

Chrom spielt im Fett- und Kohlenhydratstoffwechsel eine wichtige Rolle. Bei Chrommangel (z.B. bei langdauernder inadäquater parenteraler Ernährung) kommt es zu Glukoseintoleranz und erhöhten Fettsäurespiegeln im Plasma, was vor allem bei Diabetikern ein wichtiger Faktor ist. So kann eine Chromsupplementation bei Diabetikern zu einer deutlichen Senkung der Glukose-Nüchternwerte, einer verbesserten Glukosetoleranz nach Belastung, einer Senkung des Gesamtcholesterins mit Anstieg des HDL-Cholesterins und einer Verminderung der Insulinresistenz führen [5,7].

Antioxidantien

Antioxidantien sind für die körpereigene Abwehrkraft notwendig, in dem sie freie Radikale abfangen und unschädlich machen. Freie Radikale sind aggressive Sauerstoffmoleküle, die körpereigene Eiweiße, Fette und Kohlenhydrate sowie die Erbsubstanz DNS angreifen und verändern können. Unter dem Begriff "oxidativer Streß" ist daher das Überwiegen von oxidativen Prozessen durch ein Ungleichgewicht von Sauerstoffradikalbildnern und -fängern zu verstehen. Sauerstoffradikale entste-

hen als Beiprodukte des aeroben Stoffwechsels bei der Reduktion von Sauerstoff zu Wasser und werden normalerweise von körpereigenen antioxidativen Systemen entgiftet. Wenn sich der Körper jedoch gegen Infekte und entzündliche Prozesse wehren muß, wenn man unter starker körperlicher, geistiger oder psychischer Belastung steht oder als Folge der Alterungsprozesse ist dieses Gleichgewicht gestört. Auch durch Zigarettenrauch, UV-Strahlung, Luftbelastung, Arzneimittel, Chemikalien sowie bei Hypertonie oder Diabetes mellitus entstehen vermehrt freie Radikale, was die Kapazität der körpereigenen oxidativen Systeme übersteigt. In diesen Situationen führen die kurzlebigen, hochreaktiven Stoffwechselzwischenprodukte z.B. zu einem beschleunigten Abbau der endogenen Vasodilatoren (z.B. Stickoxyde) mit der Folge einer überwiegenden Vasokonstriktion. Darüber hinaus werden LDL-Cholesterinmoleküle oxidiert und in der Gefäßwand als "fatty-streak" abgelagert. Des weiteren kommt es zu einer Hypertrophie von Herzmuskelzellen, was neben der Erhöhung des peripheren Widerstands durch Überwiegen der vasokonstriktorischen Stimuli bei manchen Formen der Herzinsuffizienz einen zusätzlichen pathogenetischen Faktor darstellt.

Durch Gabe von Antioxidantien kann somit der unter oxidativem Streß vermehrte Abbau von kurzlebigen Stickoxyden vermindert und somit die endotheliale Dysfunktion positiv beeinflusst werden. Die wichtigsten antioxidativen Substanzen sind die Vitamine

A, C, E, Beta-Carotin sowie das Spurenelement Selen. Bei der antioxidativen Arbeit ergänzen sich die Vitamine hervorragend. Während Vitamin C vor allem im Zellinneren zu Wirkung kommt, fangen Vitamin E und Beta-Carotin die freien Radikale im Bereich der Zellmembran ab und vernichten sie [6,8].

Essentielle Fettsäuren

Gesättigte Fettsäuren

Gesättigte Fettsäuren kann der menschliche Organismus selbst herstellen. Sie sind vor allem in tierischen Lebensmitteln und Eigelb enthalten. Eine vermehrte Zufuhr erhöht die Blutfettwerte (Cholesterin) und damit das Risiko für Atherosklerose und Herzinfarkt. Höchstens ein Drittel der Gesamtfettmenge sollte in Form gesättigter Fettsäuren konsumiert werden [6].

Ungesättigte Fettsäuren

Im Gegensatz zu den einfach ungesättigten Fettsäuren kann der Körper die gesundheitswichtigen mehrfach ungesättigten Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren nicht selbst synthetisieren. Sie gelten daher als essentielle Fettsäuren und müssen in ausreichender Menge mit der Nahrung aufgenommen werden [6].

Omega-6-Fettsäuren (Linolsäuren)

Linolsäure ist in der üblichen Mischkost in ausreichender Menge (vor allem in Sojaöl, Sonnenblumenöl, Weizenkeimöl, Maisöl,

Pflanzen- und Diätmargarine) enthalten. Der Tagesbedarf liegt bei 7-10 g. Bei einer Unterversorgung kann es z.B. zu Wachstumsstörungen, Hautveränderungen und erhöhter Infektanfälligkeit kommen. Ein Mangel tritt heute äußerst selten und eigentlich nur bei wochenlanger, fettfreier und intravenöser Ernährung auf [6].

Omega-3-Fettsäuren (Linolensäure)

Omega-3-Fettsäuren kommen in Pflanzenölen (Sojaöl, Weizenkeimöl, Leinsamenöl, Walnußöl und Rapsöl) sowie in Salzwasserfi-

schen (Makrele, Hering, Lachs, Kabeljau und Forelle) sowie in Wild vor. Der Tagesbedarf liegt bei etwa 1-1,2 g täglich.

Omega-3-Fettsäuren stellen einen wesentlichen Bestandteil von Zellmembranen dar und wirken über den Prostaglandinstoffwechsel antiinflammatorisch. Sie spielen eine Rolle bei der Pathogenese bzw. Prävention von Herzerkrankungen (koronare Herzerkrankungen, Herzinfarkt), da sie den LDL-Spiegel leicht senken können, den Blutdruck und die Blutfette positiv beeinflussen können und darüber hinaus auch antiarrhythmische Effekte erzielen. Des weiteren

hemmen sie das Zusammenkleben der Blutplättchen, erhöhen deren Lebensdauer und erhöhen die Fließfähigkeit des Blutes.

Bei entzündlichen und immunologischen Erkrankungen wie z.B. Rheuma, Psoriasis, entzündlichen Darmerkrankungen und Bronchialasthma ist eine zusätzliche Behandlung durch Fischöle sinnvoll. Außerdem wird den Fischölen eine schützende Wirkung in der Tumorentstehung zugeschrieben.

Bei chronischen Erkrankungen erhöht sich der Tagesbedarf auf das Zwei- bis Dreifache. Bei Säuglingen und Kleinkindern wird eine Unterversorgung recht schnell

Orthomolekulare Substanz	Empfohlene tägliche Zufuhr (therapeutisch)	Wirkungen im Organismus	Therapeutische Anwendungsgebiete
Vitamin E	75-150 mg entspr. 100-200 IE	Antioxydants, verringert Lipidoxydation, hemmt Thrombozyten-Aggregation und -Adhäsion, Prophylaxe nach Apoplex (Schlaganfall), Diabetes	rheumatische Erkrankungen, neurologische Erkrankungen, Krebsprophylaxe, Augenerkrankungen
Vitamin A	2.000-5.000 IE	Antioxydants, Membranstabilisator, verringert Folgen eines Apoplex (Schlaganfall)	Krebsprophylaxe, Augenerkrankungen, stärkt Immunsystem
Vitamin B1	3-25 mg	optimiert Zellfunktion (wichtig z.B. bei Herzinsuffizienz)	psych. Störungen, stärkt Immunsystem
Vitamin B2	3-25 mg	optimiert Zellfunktion, senkt Homocystein, Antioxydants	stärkt Immunsystem, neurologische Erkrankungen
Vitamin B3 (= Nicotinamid)	50-200 mg	senkt Lipoprotein, reguliert Fettstoffwechsel, Prävention von Diabetes	psych. Störungen
Vitamin B6	4-25 mg	optimiert Zellfunktion (wichtig bei Herzinsuffizienz), senkt Homocystein, verringert Thromboembolien	psych. Störungen, stärkt Immunsystem, neurologische Erkrankungen
Vitamin B12	5 - 15 µg	senkt Homocystein	Blutbildung, psych. Störungen, neurolog. Erkrankungen

Abb. 1: Orthomolekulare Substanzen – empfohlene tägliche Zufuhr, Wirkungen, Anwendungsgebiete (1/3).

Orthomolekulare Substanz	Empfohlene tägliche Zufuhr (therapeutisch)	Wirkungen im Organismus	Therapeutische Anwendungsgebiete
Folsäure	0,4-1 mg	senkt Homocystein	Krebsprophylaxe, Prophylaxe congenitaler Mißbildungen, neurologische Erkrankungen
Pantothensäure	10-30 mg	reguliert Fettstoffwechsel	neurologische Erkrankungen
Vitamin D	3 -10 µg	blutdrucksenkend (?), beeinflusst Insulin-Sekretion (?), Kardio-Myopathie	Knochenaufbau
Vitamin K	30-150 µg	reguliert Blutgerinnung	Knochenstoffwechsel
Biotin	100-500 µg	optimiert Zellfunktion	psych. Störungen, Aufbau von Haaren und Nägeln
Beta-Carotin	10-20 mg	Antioxydans	Krebsprophylaxe, stärkt Immunsystem
Magnesium	100-250 mg	Rhythmusstörungen, senkt Blutdruck	psych. Störungen (Nervosität, Streß), Muskelkrämpfe
Selen	50-150 µg	Antioxydans, senkt Blutdruck (?), Herzinsuffizienz, Kardio-Myopathie	Krebsprophylaxe, stärkt Immunsystem, Rheuma, grauer Star, Schwermetallvergiftungen, Anämie
Eisen	8-20 mg	optimiert Zellfunktion (Herzinsuffizienz)	psych. Erkrankungen, stärkt Immunsystem, Rheuma, Anämie
Zink	10-20 mg	optimiert Zellfunktion (Herzinsuffizienz), in antioxidativen Enzymen enthalten, günstig bei Diabetes	psych. Erkrankungen (Demenz, Depressionen), stärkt Immunsystem
Mangan	2-5 mg	optimiert Zellfunktion (Herzinsuffizienz), in antioxidativen Enzymen enthalten	stärkt Immunsystem
Kupfer	0,5-2 mg	optimiert Zellfunktion, in antioxidativen Enzymen enthalten	stärkt Immunsystem
Chrom	30-150 µg	optimiert Zellfunktion, Diabetes	stärkt Immunsystem
Jod	150-300 µg	Antioxydans (?), reguliert Stoffwechsel	Schilddrüse (Kropf)

Abb. 1: Orthomolekulare Substanzen – empfohlene tägliche Zufuhr, Wirkungen, Anwendungsgebiete (2/3).

Orthomolekulare Substanz	Empfohlene tägliche Zufuhr (therapeutisch)	Wirkungen im Organismus	Therapeutische Anwendungsgebiete
Omega-3-Fettsäuren	ca. 0,5 g langkettige Omega-3-Fettsäuren, entspr. ca. 1,5 g Fischöl	reguliert Gerinnung, reguliert Fettstoffwechsel, senkt Lipoprotein, Fibrinogen, Blutdruck, verringert Thrombozyten-Aggregation, vermindert Rhythmusstörungen, erhöht Auswurfraction (Herzinsuffizienz), inhibiert Zytokine (Herzinsuffizienz)	rheumatische Erkrankungen, Psoriasis (Schuppenflechte), Asthma, Stärkung des Immunsystems, Krebsprophylaxe (?)
Carnitin	200-600 mg	Energieerzeugung (Fettverbrennung) im Herzen, Rhythmusstörungen, Herzinsuffizienz und Kardiomyopathien, Diabetes (?)	Leistungssteigerung im Sport
Coenzym Q10 (= Ubichinon)	10-50 mg	Antioxydants, Energieerzeugung im Herzen, Herzinsuffizienz und Kardiomyopathien	Leistungssteigerung im Sport (?)

Abb. 1: Orthomolekulare Substanzen – empfohlene tägliche Zufuhr, Wirkungen, Anwendungsgebiete (3/3).

durch Wachstumsverzögerungen, Nerven- und Sehstörungen deutlich [6].

Ziele der orthomolekularen Medizin

"Gesundheit ist ein Zustand des vollkommenen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens und nicht nur das Fehlen von Krankheiten und Gebrechlichkeit" (Definition WHO).

Optimale Gesundheit und Widerstandskraft gegen Erkrankungen werden dann erreicht, wenn möglichst alle körpereigenen Substanzen in optimaler Menge im Organismus vorhanden sind. Die Vitalstoffbilanz gerät bei vielen Menschen mit zunehmendem Alter immer mehr ins Minus. Die Aufnahme der meisten Vitamine, Vitaminoide, Mineralstoffe und Spurenelemente sowie der Omega-3-

Fettsäuren liegt häufig unter der gesundheitswichtigen Optimalmenge. Mit zusätzlicher Einnahme orthomolekularer Substanzen läßt sich die Vitalstoffbilanz entscheidend verbessern und damit Gesundheit und Vitalität optimieren.

Die Gesundheit wird entschieden verbessert, Vitalität und Leistungsfähigkeit werden erhalten, Alterungsvorgänge werden verzögert und die Lebensdauer verlängert.

Korrespondenzanschrift (für die Autoren):

Dr. med. E. Maushagen
Praxis für Dermatologie,
Allergologie, Umweltmedizin
Kaiserstr. 231-233

D-76133 Karlsruhe

Literatur

1. R.C. Schmidt, G. Thews, Physiologie des Menschen, Springer Verlag, 22. Auflage, 630-635 (1985)
2. G. Löffler, P. Petrides, L. Weiss, H. Harper, Physiologie der Chemie, Springer Verlag, 3. Auflage, 553-580 (1985)
3. O. Braun-Falco, G. Plewig, H.H. Wolff, Dermatologie und Venerologie, Springer Verlag, 4. Auflage (1995)
4. J. Vormann, Modesubstanz oder tatsächlich Mittel zur Prävention? Coenzym Q10, Kosm. Med 20, 260-261 (1999)
5. Böcker, Denk, Heitz, Pathologie Urban & Schwarzenberg-Verlag, Kapitel 47.8-47.9 (1997)
6. H. Dietl, G. Ohlenschläger, Handbuch der Orthomolekularen Medizin, Haug-Verlag, 2.Auflage (1998)
7. B. Becker, Wichtige Mikronährstoffe für Diabetiker, Journal für orthomolekulare Medizin (6), 1/98
8. R. Kunze, C. Schöllmann, Orthomolekulare Medizin und Immunsystem, Forum-Medizin Verlagsgesellschaft 1999