



© Niki Love / fotolia.com

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

sehr viele Menschen klagen in der heutigen Zeit über Erschöpfung. Die Möglichkeiten für Erholung sind häufig seltener als früher, angesichts steigender beruflicher Anforderungen, ständiger Erreichbarkeit etc. Was zu wenig beachtet wird ist, dass für Vitalität, Energie ein optimal funktionierender Energiestoffwechsel erforderlich ist, der wiederum von einer guten Mikronährstoffversorgung abhängt. Wir haben für Sie zu diesem Thema einige "Basics" zusammengestellt. Erfahrungsgemäß ist bei vielen Patienten eine gezielte Mikronährstofftherapie von großem Nutzen bei Erschöpfungszuständen.

Herzlichst, Ihr

H. G. Wegler

Erschöpfung und Mikronährstoffe

Erschöpfung zählt in der Medizin zu den so genannten Allgemeinsymptomen und ist gekennzeichnet durch körperliche Schwäche, Müdigkeit und Antriebslosigkeit. Erschöpfung kann sehr unterschiedliche Ursachen haben. Es ist ein normaler physiologischer Zustand nach starken körperlichen oder seelischen Anstrengungen, der den Menschen die Notwendigkeit einer Regenerierung seiner Energiereserven signalisiert. Erschöpfung ist häufig auch ein Begleitsymptom von Erkrankungen. Zu erwähnen sind hier Infektionskrankheiten, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, hormonelle Erkrankungen, Krebserkrankungen, Unterernährung, Stoffwechselerkrankungen, chronisch entzündliche Erkrankungen, Anämie und vieles mehr. Erschöpfung ist auch ein verbreitetes Symptom im Zusammenhang mit psychischen Störungen, z.B. Depressionen. Ein Burn-out-Syndrom ist ein Zustand ausgeprägter emotionaler Erschöpfung, der sich aufgrund beruflicher oder anderweitiger Belastung entwickeln kann.

Erschöpfung bedeutet Energiemangel, und so ist bei allen Formen der Erschöpfung natürlich die Frage von größter Relevanz, ob der Organismus überhaupt in der Lage ist, ausreichend Energie zu bilden. Dabei handelt es sich um chemische Energie in Form des Adenosintriphosphats (ATP). Diese Substanz ist für das gesamte Stoffwechselgeschehen von zentraler Bedeutung, weil die allermeisten Energieübertragungen in der Zelle mit Hilfe von ATP ablaufen. Die Bereitstellung von ATP gehört zu den größten Syntheseleistungen des Organismus. Bereits in der Ruhe produziert der Mensch etwa 40 kg ATP täglich. Bei körperlicher Bewegung werden ca. 1 kg ATP pro Kilogramm Körpergewicht gebildet. Bei intensiver körperlicher Belastung sogar noch deutlich mehr.

Das weitaus meiste ATP wird in den Mitochondrien, in der Atmungskette, gebildet. Diese besteht aus vier Enzymkomplexen, über die ein Elektronentransport erfolgt. In einem fünften Komplex, der ATP-Synthase, wird dann letztlich das ATP-Molekül gebildet. Der Atmungskette ist der Citratzyklus vorgeschaltet, der die Funktion einer zentralen Drehscheibe zwischen Nährstoffabbau und ATP-Bildung darstellt. Für die biochemischen Reaktionen des Energiestoffwechsels sind zahlreiche Mikronährstoffe notwendig. Nur bei einer ausreichenden Verfügbarkeit dieser Mikronährstoffe ist auch eine optimale Energiebildung in der Zelle möglich. Bei Erschöpfung, also Energiemangel, ist zunächst einmal zu prüfen, ob

die entsprechenden Mikronährstoffe in genügender Menge vorhanden sind.

Die Mitochondrien sind sehr vulnerable Zellorganellen. Ein Hauptgrund hierfür ist, dass die Mitochondrien für die ATP-Synthese über 90 Prozent des zellulären Sauerstoffs verbrauchen und in der Atmungskette auch erhebliche Mengen von Sauerstoffradikalen anfallen, was im Laufe der Zeit zu radikalinduzierten Schäden führen kann, besonders dann, wenn zu wenig Antioxidantien zur Verfügung stehen.

Vitamin B1

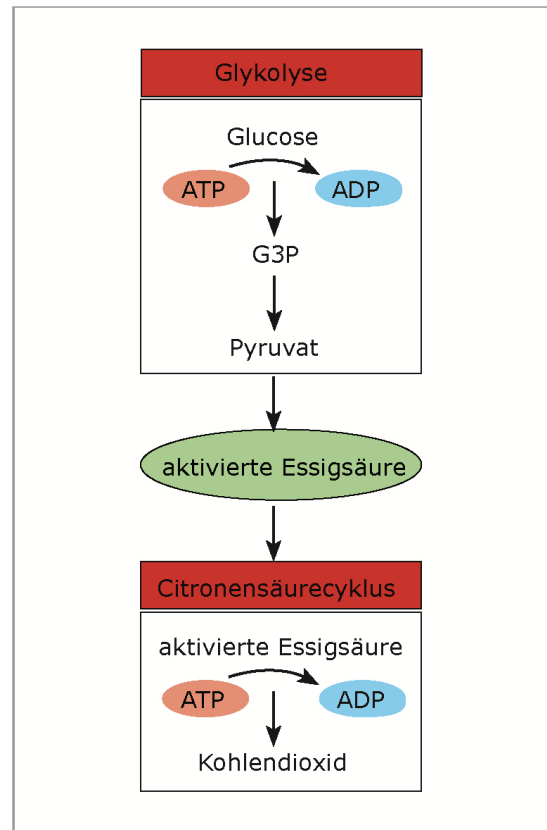
Vitamin B1 ist für die Einschleusung von Kohlenhydraten in den Citratzyklus erforderlich (Pyruvatdehydrogenase). Im Citratzyklus selber ist Vitamin B1 an der Bildung von Succinyl-Coenzym A beteiligt. Häufige Symptome einer suboptimalen Vitamin-B1-Versorgung sind Erschöpfung und Müdigkeit. Durch eine hochdosierte Vitamin-B1-Therapie konnte eine Verbesserung von Müdigkeitszuständen nach Schlaganfällen bei MS und Fibromyalgie erzielt werden.

Vitamin B2

Aus Vitamin B2 entstehen die Coenzyme Flavinmononucleotid und Flavin-Adenin-Dinucleotid (FAD). Die Flavoenzyme sind Bestandteile von über 60 Enzymen und von großer Bedeutung für den Energiestoffwechsel der Mitochondrien. FAD ist ein wichtiger Elektronenüberträger in der Atmungskette. Vitamin B2 wird auch für die Regeneration von oxidiertem Glutathion zu reduziertem Glutathion benötigt. Glutathion ist eine wichtige antioxidative Schutzsubstanz der Mitochondrien.

Vitamin B3 (Niacin)

Niacin ist ein Sammelbegriff für Nikotinsäure und Nikotinamid, einschließlich der Coenzyme NAD(H) und NADP(H). NAD ist an über 400 Reaktionen im Stoffwechsel beteiligt und spielt eine zentrale Rolle beim Abbau der Makronährstoffe. Es kann zwei Elektronen und ein Proton aufnehmen, die dann in den Mitochondrien zur Energiegewinnung genutzt werden. NAD ist am Citratzyklus, der Fettsäureoxidation und der Atmungskette beteiligt. Erschöpfung, Energiemangel und Abgeschlagenheit sind deshalb häufige Symptome einer unzureichenden Vitamin-B3-Versorgung.



Vitamin C

Vitamin C spielt eine wichtige Rolle für den Erhalt der Funktionsfähigkeit der Mitochondrien. Bei Störungen der Mitochondrienfunktion werden vermehrt freie Radikale gebildet, die zu einem oxidativen Stress führen, der wiederum durch Vitamin C vermindert werden kann. Vitamin C hat eine erhebliche Bedeutung für die Aufrechterhaltung des mitochondrialen Membranpotentials, das bei erhöhten ROS-Spiegeln kollabieren kann.

Vitamin D

Wie eine englische Studie aus dem Jahr 2013 gezeigt hat, gibt es auch einen Zusammenhang zwischen dem Vitamin-D-Spiegel und der Mitochondrienfunktion. Die englischen Wissenschaftler bestimmten die Phosphokreatinspiegel nach Muskelaktivität im Vitamin-D-Mangelzustand und nach einer Vitamin-D-Supplementierung. Dabei konnten sie einen Zusammenhang zwischen dem Vitamin-D-Status und der Leistungsfähigkeit der Mitochondrien der Skelettmuskulatur nachweisen. Durch die Supplementierung von Vitamin D kam es zu einer deutlich schnelleren Erholung der Phosphokreatinspiegel nach einer Muskelaktivität. Offensichtlich verbessert ein guter Vitamin-D-Status die Mitochondrienaktivität.

Coenzym Q10

Coenzym Q10 ist ein wichtiges Enzym in der Atmungskette der Mitochondrien. Es wird benötigt für die Übertragung von Elektronen und Protonen. Neben seiner Bedeutung für die zelluläre Bioenergetik hat Coenzym Q10 auch antioxidative Eigenschaften. Es verringert die Lipidperoxidation und steigert die Oxidationsresistenz von Lipiden.

Es gibt zahlreiche Studien, in denen durch eine Supplementierung von Coenzym Q10 eine Besserung der Müdigkeits- und Erschöpfungszustände erreicht werden konnte, z.B. auch beim chronischen Müdigkeitssyndrom (CFS).

Carnitin

Carnitin spielt eine wichtige Rolle für den Transport mittel- und langkettiger Fettsäuren in die Mitochondrien und damit auch für die zelluläre ATP-Synthese.

Veränderte Carnitinkonzentrationen sind ein Hinweis auf eine Störung des Fettsäurestoffwechsels und auch ein guter Marker für die Mitochondrienfunktion. Carnitin reguliert die Acetyl-CoA-Verfügbarkeit und ist dadurch ein Schlüsselmolekül für die Funktion des Citratzyklus. Höhere Serumspiegel von Acylcarnitin waren invers mit Erschöpfungsscores bei CFS assoziiert. Außerdem korrelierte der Spiegel von Acylcarnitin mit dem Schweregrad der CFS-Symptomatik.

Eisen

Eisen hat eine zentrale Bedeutung im Energiestoffwechsel. Es ist nicht nur wichtig für den Sauerstofftransport und für die Sauerstoffspeicherung, sondern es beeinflusst auch die Aktivität verschiedener Enzyme des Citratzyklus. Österreicherische Wissenschaftler haben 1999 publiziert, dass ein Eisenmangel die Aktivität von vier Enzymen des Citratzyklus vermindert (Aconitase, Citrat-Synthase, *Isocitrat-Dehydrogenase* und *Succinat-Dehydrogenase*). Darüber hinaus ist Eisen auch für die Funktionsfähigkeit der Atmungskette notwendig. Eisenverbindungen sind in den Komplexen eins bis drei am Transfer von Elektronen beteiligt. Eisen wird auch für die Carnitinsynthese benötigt. Somit beeinträchtigt ein Eisenmangel auch über ein Carnitindefizit den Energiestoffwechsel.

Kupfer

Die kupferhaltige Cytochrom-c-Oxidase katalysiert den letzten Schritt der oxidativen Phosphorylierung in der mitochondrialen Atmungskette. Somit spielt Kupfer eine wichtige Rolle im Energiestoffwechsel. Kupfer ist auch wichtig für den Neurotransmitterhaushalt und ist an der Biosynthese der Katecholamine beteiligt. Außerdem spielt Kupfer eine wichtige Rolle im Eisenstoffwechsel.

Mangan

Mangan ist Bestandteil der mitochondrialen Superoxiddismutasen. Diese haben eine zentrale Bedeutung für den antioxidativen Schutz. Wie bereits erwähnt, entstehen in den Mitochondrien bereits bei einer physiologischen Funktion in erheblichem Umfang freie Radikale. Bei einer Fehlfunktion dieser Zellorganellen (mitochondrialen Dysfunktion) kommt es zu einem vermehrten Anfall freier Radikale. Die manganabhängige **Pyruvatcarboxylase** ist ein Stoffwechsellenzym, das Oxalacetat herstellen und dadurch den Citratzyklus aktivieren kann. Mangan ist auch wichtig für die Glukosebildung aus Nicht-Kohlenhydrat-Vorstufen.

Cystein/Glutathion

Cystein ist eine wichtige schwefelhaltige Aminosäure, die auch im Energiestoffwechsel eine große Bedeutung hat. Cystein wird neben Pantothen-säure für die Synthese von Coenzym A benötigt. Außerdem ist Cystein eine wichtige Quelle für reduzierten Schwefel. Letzterer dient der Bildung von Eisen-Schwefel-Clustern; das sind Eisenverbindungen, die auch in der Atmungskette gebraucht werden. Cystein ist der limitierende Faktor für die Glutathionsynthese. Glutathion spielt für die Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit der Mitochondrien eine zentrale Rolle. Glutathion ist an verschiedenen Enzymreaktionen beteiligt, z.B. an Reaktionen der Glutathionperoxidase, der Glutathionreduktase, der *Glutathion-S-Transferasen*, der *Thioredoxinreduktasen* etc. Reduziertes Glutathion wird über verschiedene Transporter aktiv in die Mitochondrien gebracht und ist als einziges Antioxidans in der Lage, Wasserstoffperoxid zu entgiften.

Glutathion beeinflusst verschiedene Zellsignalprozesse; eine GSH-Verarmung fördert wahrscheinlich die Apoptose, d.h. den programmierten Zelltod.

