

Nährstoffsupplemente und Functional Food zur Gewichtsreduktion – Wunsch und Wirklichkeit

Alexander Ströhle, Maike Wolters, Andreas Hahn

Die Adipositas stellt *das* zentrale gesundheitliche Problem in Deutschland und anderen Industrieländern dar und ist Ausgangspunkt für die Entwicklung vielfältiger Folgeerkrankungen. Die hohe Adipositas-Prävalenz (69, 110) und der hiermit in Verbindung stehende psychosoziale Leidensdruck der Betroffenen begünstigen, dass immer wieder neue »Schlankheitsprodukte« auf den Markt kommen und durch die oft reißerische Werbung Hoffnungen auf eine »leichte« Gewichtsabnahme wecken. Für den Verbraucher ist die Vielfalt und Seriosität des Angebotes nicht durchschaubar, so dass er kaum zwischen wissenschaftlich belegten Therapiemaßnahmen und unsinnigen Heilversprechen unterscheiden kann. Aber auch für Ärzte und Ernährungsfachkräfte ist die Beurteilung vieler »Schlankheitsmittel« schwierig, zumal

manche Hersteller ihre Werbeaussagen mit »wissenschaftlichen« Daten zu untermauern versuchen. Dabei liegen Dichtung und Wahrheit meist eng beieinander; eine kritische Bewertung auf Basis wissenschaftlicher Fakten scheint daher dringend erforderlich.

Definition und rechtliche Abgrenzung

Als »Schlankheitsmittel« angepriesene oder vom Verbraucher so empfundene Präparate gehören unterschiedlichen Produktkategorien an; entsprechend unterliegen sie auch verschiedenen Rechtsnormen für die Zusammensetzung und Bewerbung. Diskutiert werden sollen hier ausschließlich Lebensmittel, nicht aber Arzneimittel und Medizinprodukte. Auch Formula-Diä-

ten nach §14a DiätVO, die im Bereich der Adipositas-therapie eingesetzt werden und zu denen zahlreiche Untersuchungen vorliegen (108), sind nicht Gegenstand dieses Beitrags. Im Mittelpunkt stehen vielmehr Substanzen, die als Zusatz zu Nahrungsergänzungsmitteln und Functional Food Verwendung finden.

► Als **Functional Food** werden von ihrem Erscheinungsbild her typische Lebensmittel bezeichnet, die über ihre Funktion als Nährstofflieferant hinaus einen gesundheitlichen Nutzen (Wohlbefinden, Gesunderhaltung) bieten sollen. Bislang existieren noch keine gesetzlich definierten Anforderungen an Functional Food, was dazu führt, dass vielfach bereits der Zusatz einer bestimmten Substanz zu einem »normalen« Lebensmittel als zusätzlicher Nutzen beworben wird (112).

► **Nahrungsergänzungsmittel** sind Produkte in arzneitypischer Darreichung (Kapseln, Tabletten etc.), die Nährstoffe und sonstige Substanzen mit ernährungsspezifischer oder physiologischer Wirkung enthalten und zur Ergänzung der täglichen Ernährung gedacht sind. Seit kurzem finden sich besondere Rechtsvorschriften für diese Präparate.

In der Diskussion um »Schlankheitsprodukte« ist anzumerken, dass Lebensmittel – mit Ausnahme der Formula-Diäten – entsprechend § 6 Abs. 1 Nährwertkennzeichnungsverordnung (NKV) grundsätzlich nicht mit Angaben gekennzeichnet oder beworben werden dürfen, die darauf hindeuten, dass sie schlankmachende, schlankheitsfördernde oder gewichtsverringende Eigenschaften besitzen. Solche Aussagen sind also nicht nur dann verboten, wenn sie falsch und damit irreführend sind, sondern auch dann, wenn eine solche Wirkung sogar wissenschaftlich belegt ist. **Tab. 1** gibt eine Übersicht über verschiedene Produktgruppen, innerhalb derer »Schlankheitsmittel« angeboten werden.

Zusammenfassung

Der Wunsch, ganz nebenbei ohne Änderung des Lebensstils, Gewicht zu verlieren, ist ein zentrales Bedürfnis vieler Menschen. Nur so ist es zu erklären, dass »Schlankheitsprodukte« zu den Rennern am Markt zählen. Bereits die Hoffnung auf eine Gewichtsreduktion reicht für viele Verbraucher offenbar aus, elementare – am eigenen Leib erfahrene – Kenntnisse über die Zusammenhänge von Gewicht, Ernährung und Bewegung über Bord zu werfen und sich oft obskuren Heilversprechen hinzugeben. Bei nüchterner wissenschaftlicher Betrachtung erfüllen viele Produkte a priori den Tatbestand des Betrugs und der Irreführung. Dort, wo eine wissenschaftliche Rationale besteht, sind die gewichtsreduzierenden Effekte durchweg gering ausgeprägt, so dass diesen Substanzen eher ein adjuvanter Charakter im Rahmen evidenzbasierter Konzepte zur Gewichtsreduktion zukommen könnte. Der Traum vom Abnehmen im Schlaf bleibt dagegen genau das – ein Traum!

Schlüsselwörter: Adipositas, Gewichtsreduktion, Nahrungsergänzungsmittel, Functional Food, Schlankheitsmittel

Tab. 1: Einordnung und rechtliche Rahmenbedingungen von Produkten, die zur Gewichtsreduktion angeboten werden (vereinfacht)

Produktkategorie	Arzneimittel	Medizinprodukte	Diätetische Lebensmittel zur Verwendung als Mahlzeit, anstelle einer Mahlzeit oder als Tagesration für Übergewichtige (»Formula-Diäten«)	Nahrungsergänzungsmittel	Functional Food
Rechtliche Rahmenbedingungen	Arzneimittelgesetz (AMG)	Medizinproduktegesetz (MPG)	Diätverordnung (DiätV)	EU-Richtlinie für Nahrungsergänzungsmittel (2002/46/EG) bzw. Nahrungsergänzungsmittelverordnung (NemV)	Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-gesetz (LMBG) und BasisV 178/2002/EG, keine spezielle Gesetzgebung
Zweck der Produkte (stark vereinfacht)	Linderung, Heilung, Diagnose von Erkrankungen auf pharmakologischem Weg	Linderung, Heilung, Diagnose von Erkrankungen auf nicht-pharmakologischem Weg	Ernährung beim Vorliegen eines besonderen Ernährungserfordernisses	Ergänzung der Ernährung mit Nährstoffen oder sonstigen Stoffen mit ernährungsspezifischer oder physiologischer Wirkung	Lebensmittel mit »Zusatznutzen« (Erhaltung und Verbesserung von Gesundheit und Wohlbefinden), bislang vorwiegend als konzeptionelle Idee
Voraussetzungen für das Inverkehrbringen	Arzneimittelzulassung (klinische Belege zur Wirksamkeit etc.)	Konformitätsbewertungsverfahren und Erteilung eines CE-Kennzeichens (nicht-staatliches Verfahren)	Meldung des Produktes beim Bundesamt für Verbraucherschutz u. Lebensmittelsicherheit (BVL)	Meldung des Produktes beim Bundesamt für Verbraucherschutz u. Lebensmittelsicherheit (BVL)	keine
Zulässigkeit der Bewerbung mit gewichtsreduzierenden Eigenschaften	ja, wenn für entsprechende Indikation zugelassen	ja, wenn für entsprechende Indikation zertifiziert	ja	grundsätzlich nein	grundsätzlich nein

L-Carnitin

Ernährungsphysiologischer Hintergrund

L-Carnitin ist die wohl am meisten beworbene »Schlankheitssubstanz«; es wird häufig als »Fat-burner« ausgelobt und zur Gewichtsabnahme empfohlen. Chemisch handelt es sich um eine wasserlösliche alkylierte Hydroxycarbonsäure (α -Hydroxy- γ -Trimethylaminobutyrate), die vor allem in der Skelettmuskulatur in hohen Konzentrationen zu finden ist. Als gute Carnitinlieferanten dienen Nahrungsmittel tierischen Ursprungs. Insbesondere Muskelfleisch besitzt einen hohen Gehalt. Pflanzliche Lebensmittel enthalten hingegen nur sehr geringe Mengen. Erfolgt keine alimentäre Zufuhr, so ist der menschliche Organismus befähigt, seinen gesamten Carnitinbedarf (ca. 16–18 mg/Tag) durch endogene Synthese aus den Aminosäuren Lysin und Methionin zu decken.

L-Carnitin zählt daher nicht zu den essenziellen Nährstoffen (79, 100).

Zugrunde liegendes Rational

Aus der biochemischen Literatur seit langem bekannt ist die Beteiligung von L-Carnitin am oxidativen Abbau langkettiger Fettsäuren. Hierbei fungiert L-Carnitin als Carrier, der aktivierte Fettsäuren im Zytosol bindet und über ein spezielles Shuttlesystem (Carnitin/Acylcarnitin-Antiport) ins Innere des Mitochondriums – den Ort der β -Oxidation – leitet (71). Auf dieser Tatsache beruht die These, wonach die zusätzliche Einnahme von L-Carnitin den Fettsäuretransport in die Mitochondrien erhöhen, die Fettsäureoxidation steigern und den Abbau von Körperfettdepots beschleunigen soll. Postuliert wird auch, dass hierdurch die Einlagerung weiterer Triglyceride gehemmt wird (41).

Datenlage und Beurteilung

Bereits die folgenden biochemischen Überlegungen sprechen gegen einen gewichtsreduzierenden Effekt von L-Carnitin (80):

- Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt des Fettabbaus (Lipolyse) wird auf der Stufe der hormonsensitiven Lipase reguliert und nicht auf der Ebene des mitochondrialen Fettsäuretransports. Da die Lipolyserate ein carnitinunabhängiger Effekt ist, kann dieser Vorgang durch Carnitinsupplemente nicht beeinflusst werden.
- Der carnitinabhängige Fettsäuretransport erfolgt bereits bei physiologischen Carnitinkonzentrationen mit Maximalgeschwindigkeit. Eine Umsatzsteigerung durch zusätzliche Carnitingaben ist daher auszuschließen.

Aus Humanstudien geht hervor, dass Carnitinsupplemente zwar zu einem Anstieg der Carnitinwerte im Blut führen, eine entsprechende intrazelluläre Erhöhung lässt sich allerdings nicht belegen (105). Zudem besteht während einer Reduktionsdiät kein erhöhter Carnitinbedarf, wie häufig fälschlicherweise behauptet wird (78). Bislang existiert nur eine randomisierte plazebokontrollierte Doppelblindstudie, die die Wirkung einer Carnitinsupplementierung auf den Gewichtsverlust beim Menschen untersuchte. Dabei konnte – wie zu erwarten war – kein Effekt nachgewiesen werden (102). Einige kleinere Studien deuten darauf hin, dass die Gabe von Carnitin in Verbindung mit einer Energiereduktion den Fettabbau signifikant steigern könnte (82, 58). Allerdings erfüllen diese Untersuchungen nicht die Anforderungen an hochwertige wissenschaftliche Studien und sind auch nur in Zeitschriften ohne Peer-Review-Verfahren publiziert.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass L-Carnitin keine eigenständige Eigenschaft als »Fat-burner« und »Schlankheitsmittel« zukommt.

Mögliche gesundheitliche Risiken

Generell gilt L-Carnitin als gut verträglich. Da überschüssiges L-Carnitin rasch über die Niere eliminiert wird, sind schwerwiegende Nebenwirkungen bislang nicht beschrieben und auszuschließen. Bei Einnahme höherer Mengen L-Carnitin wurde vereinzelt über gastrointestinale Beschwerden, insbesondere Diarrhö, berichtet (16).

Chrom

Ernährungsphysiologischer Hintergrund

Die gewichtsreduzierenden Effekte chromhaltiger Präparate, insbesondere von Chrompicolinat, werden seit längerer Zeit auf dem US-amerikanischen Markt ausgelobt. Auch auf dem europäischen Markt finden sich zunehmend entsprechende chromhaltige »Schlankheitsprodukte«. Das Nebengruppenelement Chrom zählt zu den

essenziellen Spurenelementen, wobei das dreiwertige Kation die biologisch wichtigste Oxidationsstufe darstellt. Bedeutsame Chrommengen enthalten vor allem Bierhefe, Fleisch, Innereien, Eier, Vollkornprodukte und Pilze. Nach Angaben der WHO reichen bereits 20 µg/Tag aus, um Mangelerscheinungen zu verhüten. Als Schätzwert für eine angemessene Zufuhr wird von der DGE für Jugendliche und Erwachsene ein Bereich von 30–100 µg/Tag angegeben (27). Bei einer Zufuhr von 30–139 µg/Tag, wie sie für Deutschland gemessen wurde, dürfte die Versorgung üblicherweise gesichert sein.

Zugrunde liegendes Rational

Die physiologische Funktion von Chrom beruht auf seiner Eigenschaft, die zelluläre Wirkung von Insulin zu potenzieren. Auf molekularer Ebene wird dieser Effekt von einem chrombindenden Oligopeptid, dem Chromodulin, vermittelt. Dabei bildet Chrom zusammen mit apo-Chromodulin die biologisch aktive Form holo-Chromodulin. Dieses bindet an der zytosolischen Seite an den Insulinrezeptor, wodurch die Transduktion des Insulin-signals ins Zellinnere erst ermöglicht wird. Daneben wird vermutet, dass Chrom an der Expression von Genen des Glucosestoffwechsels beteiligt ist (103). Alle insulinabhängigen Stoffwechselvorgänge, insbesondere der Glucose- und Lipidmetabolismus, sind deshalb auf Chrom angewiesen. Da Chromgaben – zumindest bei inadäquat versorgten Personen – den Plasma-Insulinspiegel senken und die Insulinsensitivität erhöhen, sind auch Effekte auf insulinabhängige Vorgänge wie Lipogenese und Proteinsynthese wahrscheinlich. Auch die Thermogenese und die Sättigung sollen hierdurch beeinflusst werden (2). In tierexperimentellen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass Chromgaben den Körperfettgehalt vermindern und die Lean Body Mass (LBM) erhöhen (2). Ausgehend von diesen Ergebnissen

wurden ähnliche Effekte auch beim Menschen postuliert.

Datenlage und Beurteilung

Inzwischen liegen verschiedene Interventionsstudien vor, die der Fragestellung nachgingen, welche Effekte Chromsupplemente auf die Entwicklung des Körpergewichts bzw. die Körperzusammensetzung bewirken. Die hierbei gewonnenen Daten wurden zwischenzeitlich in Übersichtsarbeiten (2, 57) und in einer kürzlich publizierten Metaanalyse (67) dargestellt und einer kritischen Analyse unterzogen. Dabei zeigen die Studien widersprüchliche Ergebnisse. Obwohl es Hinweise gibt, dass Chrom die Körperzusammensetzung positiv beeinflusst (Steigerung der LBM und/oder Senkung des Körperfettgehalts) (8, 19, 32, 42, 50, 51), zeigen mehrere gut kontrollierte Studien keinen derartigen Effekt (23, 57, 95). Auch in neueren Untersuchungen konnten keine Wirkungen auf die Körperzusammensetzung festgestellt werden (20, 49, 55, 104, 106). Selbst extrem hohe Dosen von 1000 µg Chrom/Tag zeigten keine positiven Resultate (1). Auch im Hinblick auf eine Gewichtsreduktion sind die Wirkungen von Chrom gering. So ergab die Auswertung von zehn randomisierten, plazebokontrollierten Doppelblindstudien einen nur schwachen Effekt (durchschnittlich etwa 1,1 kg Gewichtsverlust), wobei dieses Ergebnis im Wesentlichen auf eine Einzelstudie innerhalb dieser Metaanalyse zurückgeführt wird (67).

Insgesamt zeigen die Daten, dass chromhaltige Präparate keine wirkungsvollen »Schlankheitsprodukte« darstellen. Die Versprechungen der Hersteller derartiger Produkte müssen deshalb als übertrieben zurückgewiesen werden; die Einnahme ist überflüssig. Studien, die einen längerfristigen Gewichtsverlust belegen, existieren nicht.

Insgesamt zeigen die Daten, dass chromhaltige Präparate keine wirkungsvollen »Schlankheitsprodukte« darstellen. Die Versprechungen der Hersteller derartiger Produkte müssen deshalb als übertrieben zurückgewiesen werden; die Einnahme ist überflüssig. Studien, die einen längerfristigen Gewichtsverlust belegen, existieren nicht.

Präparate mit Chrompicolinat zeigen toxische Effekte

Mögliche gesundheitliche Risiken

Die Toxizität von Chrom ist vergleichsweise gering. Selbst bei langfristiger Zufuhr von mehr als 1000 µg/Tag wurden keine Nebenwirkungen beobachtet. Als sichere Menge, die auch bei chronischer Aufnahme nicht mit negativen Effekten verbunden ist, gelten 1000 µg/Tag (NOAEL; No Observed Adverse Effect Level). Anders ist die Situation bei Chrompicolinat, für das in einigen Studien toxische Effekte auch am Menschen gezeigt wurden (77). Dementsprechend darf Chrompicolinat in Deutschland seit 2001 nicht mehr in Nahrungsergänzungen eingesetzt werden (10, 13).

CLA

Ernährungsphysiologischer Hintergrund

CLA (conjugated linoleic acid) ist ein Sammelbegriff für eine Gruppe von geometrischen Isomeren der essenziellen, zweifach ungesättigten Linolsäure. Im Gegensatz zu dieser sind die Doppelbindungen bei CLA-Isomeren durch eine einfache Kohlenstoffverbindung voneinander getrennt (konjugiert). Insgesamt existieren acht mögliche geometrische Isomere, wobei die Doppelbindungen entweder cis- oder trans-konfiguriert sein können. Cis-9-trans-11 und trans-10-cis-12 sind die beiden biologisch bedeutsamsten CLA-Formen (54, 59, 64). CLA entstehen vornehmlich bei der bakteriellen Hydrogenierung ungesättigter Fettsäuren im Pansen von Wiederkäuern. Auch beim Erhitzen von Nahrungsmitteln können CLA entstehen. CLA finden sich vor allem in Milch und Milchprodukten sowie Rindfleisch (22). In Deutschland werden täglich etwa 200–400 mg CLA aufgenommen (54). Neben antikanzerogenen und antiatherogenen Effekten werden dieser Fettsäureklasse auch positive Effekte auf die Körperzusammensetzung zugesprochen (59, 64).

Zugrunde liegendes Rational

In mehreren tierexperimentellen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass CLA-Zusätze die LBM erhöhen

und/oder den Körperfettgehalt vermindern (59). Bekannt ist, dass CLA die Fettoxidation in der Leber steigert und einige Schlüsselreaktionen des Lipidstoffwechsels beeinflusst. Hierzu zählen (54):

- Erhöhung der Carnitin-Palmitoyltransferase-Aktivität in Fettgewebe, Muskel und Leber
- Hemmung der Lipoproteinlipase-Aktivität in den Adipozyten
- Aktivierung der hormonsensitiven Lipase
- Hemmung der Adipozytendifferenzierung
- verbesserte Insulinsensitivität und Steigerung der hepatischen Fettsäure-Oxidation infolge PPAR γ -Stimulation.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde CLA bereits frühzeitig als »Schlankheitsmittel« beworben.

Datenlage und Beurteilung

Im Gegensatz zum Tiermodell bewirkt CLA beim Menschen keine Veränderung der Lipolyserate (116). Inzwischen liegen mehrere Humanstudien vor, die die Wirkung von CLA auf das Körpergewicht bzw. den Körperfettgehalt untersucht haben – mit widersprüchlichen Ergebnissen. Über negative Resultate berichten Atkinson (4), Yurawecz et al. (115) und Zambell et al. (117). Von den Studien, in denen ein positiver Effekt auf die Körperzusammensetzung nachgewiesen wurde, sind nur die Untersuchungen von Blankson et al. (12) sowie von Smedman und Vessby (84) als hochwertig zu bezeichnen. Die anderen Studien bedürfen aufgrund ihrer geringen Fallzahl (74, 90) einer kritischen Würdigung.

Insgesamt sind die Ergebnisse der Humanstudien – verglichen mit den tierexperimentellen Untersuchungen – weniger eindeutig. Die teils differierenden Resultate lassen sich u.a. auf die unterschiedlichen CLA-Isomere zurückführen, die in den jeweiligen Studien zum Einsatz kamen. Ein positiver Effekt scheint dabei vor allem den beiden Isomeren cis-9-trans-11 und trans-

10-cis-12 zuzukommen (35). Auch die eingesetzte CLA-Menge ist von Bedeutung, wie die von Blankson et al. (12) durchgeführte Studie zur Dosis-Wirkungs-Beziehung zeigt. Danach sind positive Resultate erst ab einer Menge von mindestens 3,4 g CLA/Tag zu erwarten. Werden diese Kriterien beachtet, ergeben sich unter Umständen günstige Effekte von CLA auf die Körperzusammensetzung, insbesondere in Verbindung mit sportlicher Betätigung. Allerdings müssen zunächst Langzeitstudien abgewartet werden, bevor eine endgültige Bewertung möglich ist. Dabei steht jedoch bereits heute fest, dass es sich bei CLA nicht um eine »Schlankheitssubstanz« zur Gewichtsreduktion handelt, sondern vielmehr um einen Stoff, der Einfluss auf die Körperzusammensetzung nimmt.

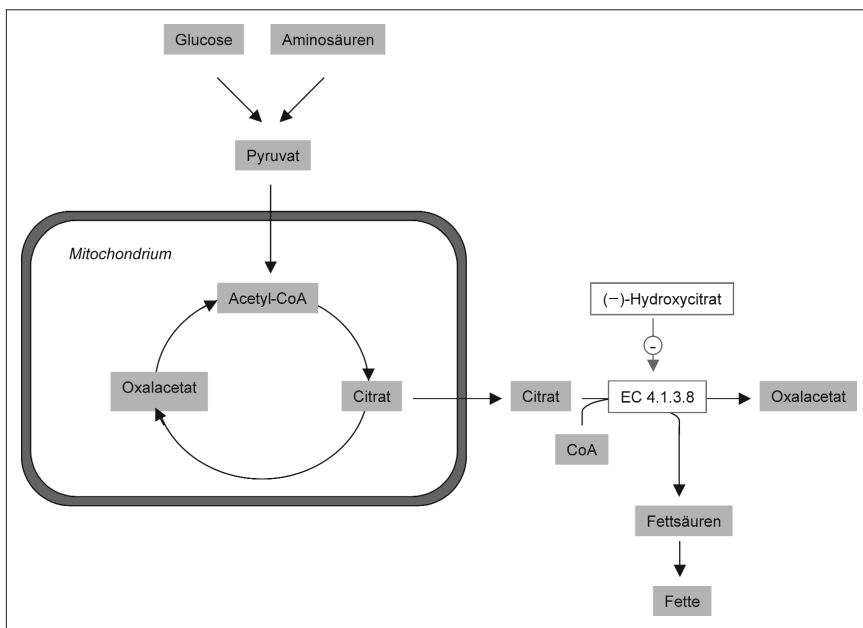
Mögliche gesundheitliche Risiken

In Humanstudien erwiesen sich CLA – insbesondere das trans-10-cis12-Isomer – wie andere mehrfach ungesättigte Fettsäuren auch, als prooxidativ (9, 72). Inwieweit dies mit nachteiligen gesundheitlichen Effekten verbunden ist, ist nicht bekannt. Beobachtungen, wonach CLA-Supplemente bei übergewichtigen Personen mit Metabolischem Syndrom die Insulinresistenz verstärken und die Blutglucosekonzentration erhöhen, mahnen bei dieser Patientengruppe zur Vorsicht (73).

Hydroxycitrat

Ernährungsphysiologischer Hintergrund

Hydroxycitrat ist eine organische Säure, die in hohen Konzentrationen in den Früchten von *Garcinia*, einer Gruppe tropischer Pflanzen aus der Familie der Guttiferae, zu finden ist. In Nahrungsergänzungsmitteln werden deshalb vielfach *Garcinia*-Extrakte eingesetzt. Aus Sicht der Autoren handelt es sich dabei um nicht zugelassene Zusatzstoffe, da durchweg bestimmte Komponenten der Ausgangsfrucht selektiv angereichert werden. Das Interesse an dieser Substanz ist vornehmlich auf seine (vermeintlichen) Effekte



▲ **Abb. 1:** Wirkung von (-)-Hydroxycitrat auf die Lipidogenese – Erläuterung im Text (EC 4.1.3.8 = ATP-Citrat-Lyase)

als »Schlankheitsmittel« zurückzuführen (48). Während hydroxycitrathaltige Präparate in den USA schon seit längerer Zeit beworben werden, ist die Substanz in Deutschland bislang nur wenig bekannt, wenngleich auch hierzulande zwischenzeitlich entsprechende Produkte im Angebot sind.

Zugrunde liegendes Rational

Bereits seit 1969 ist bekannt, dass das optische Isomer (-)-Hydroxycitrat einen potenten Hemmstoff des Enzyms ATP-Citrat-Lyase (EC 4.1.3.8) darstellt (107). Dieses Enzym nimmt eine Schlüsselstellung bei der Bildung von Fettsäuren und Körperfett aus Kohlenhydraten ein (**Abb. 1**). Hierzu wird das aus Glucose gebildete Pyruvat im Mitochondrium weiter zu Acetyl-CoA abgebaut und in den Citratzyklus eingeschleust. Ist der Energiebedarf des Organismus gedeckt, schaltet der Stoffwechsel auf Energiekonservierung. Unter diesen Bedingungen gelangt Citrat ins Zytosol, wo es unter Einfluss der Citrat-Lyase zu Acetyl-CoA und Oxalacetat aufgespalten wird. Acetyl-CoA dient dann als Substrat zur Synthese von Fettsäuren und Triglyceriden. Mehrere In-vitro-Untersuchungen und tierex-

perimentelle Studien bestätigen die Hemmung der Lipogenese durch (-)-Hydroxycitrat. Daneben werden weitere Effekte diskutiert, die eine Gewichtsabnahme begründen. Hierzu zählen (48):

- Erhöhung der Carnitin-Palmitoyltransferase-Aktivität und dadurch verstärkte Fettsäureoxidation
- appetithemmende Wirkung
- Abnahme der Insulinsekretion.

Datenlage und Beurteilung

Von den fünf bislang publizierten Interventionsstudien belegen vier signifikant positive Effekte von Hydroxycitrat auf die Gewichtsabnahme (24, 36, 75, 91). Allerdings weisen die Untersuchungen teils erhebliche Mängel auf. Neben methodischen Fehlern (91) und der Tatsache, dass die Ergebnisse nur als Abstract publiziert wurden (75, 91), muss die geringe Fallzahl (24) und die Publikation in Zeitschriften ohne Peer-Review-Verfahren (36) kritisch beurteilt werden. Auch wurden bei drei der Studien Kombinationspräparate eingesetzt, die neben (-)-Hydroxycitrat andere Substanzen wie Chrom (24, 36, 75) sowie Chitosan (36)

und Coffein (75) enthielten. Die einzige methodisch saubere, gut kontrollierte, randomisierte, plazebokontrollierte Doppelblindstudie konnte dagegen keine positiven Wirkungen hinsichtlich einer Gewichtsabnahme nachweisen (44). Da die Fähigkeit des Fettgewebes zur Neusynthese von Fettsäuren aus Kohlenhydraten beim Menschen ohnehin nur gering ausgeprägt ist und dieser Vorgang mit einem erheblichen Energieverlust (ca. 23%) einhergeht, tragen Kohlenhydrate generell nur geringfügig zur Fettsäurebildung bei (56). Aus diesem Grund ist das negative Ergebnis von Heymsfield et al. (44) nicht verwunderlich.

Insgesamt existieren keine ausreichenden wissenschaftlichen Belege, die für eine gewichtsreduzierende Wirkung von (-)-Hydroxycitrat sprechen. Eine Einnahme kann daher nicht empfohlen werden.

Mögliche gesundheitliche Risiken

Nicht bekannt, beziehungsweise nicht dokumentiert.

MCT

Ernährungsphysiologischer Hintergrund

MCT ist die englische Abkürzung für »mittelkettige Triglyceride«. Wie aus dem Namen bereits hervorgeht, handelt es sich hierbei um eine Gruppe von Glycerinderivaten, die mit Fettsäureresten mittlerer Kettenlänge, (im Wesentlichen C6, C8 und C10) verestert sind. MCT besitzen in der Ernährungsmedizin eine lange Tradition (5) und kommen bei der diätetischen Therapie verschiedenartiger gastrointestinaler Erkrankungen (z.B. exokrine Pankreasinsuffizienz und Morbus Crohn) sowie in der parenteralen Ernährung erfolgreich zum Einsatz (6, 21, 97). MCT gilt als »das Fett, das nicht dick macht« (60) und hat deshalb in jüngster Vergangenheit großes Interesse gefunden.

Zugrunde liegendes Rational

MCT weisen mit rund 34 kJ/g (etwa 8 kcal/g) einen im Vergleich zu üblicherweise in der Nahrung enthaltenen

Neutralfetten (LCT) rund 10% geringeren Energiewert auf. Aufgrund ihres abweichenden Stoffwechselverhaltens werden MCT vorzugsweise in der Leber zu CO₂ und Ketonkörpern oxidiert, induzieren eine höhere postprandiale Thermogenese und steigern den Energieverbrauch. Im Gegensatz zu langkettigen Fettsäuren wird nur ein geringer Anteil der mittelkettigen Fettsäuren von Adipozyten aufgenommen und zur Bildung von Körperfett herangezogen. (7, 86). Durch den Austausch von LCT gegen MCT konnte in einer Reihe von tierexperimentellen Studien eine Abnahme des Körpergewichts – vornehmlich durch Reduktion der Fettdepots – erzielt werden. Allerdings zeigten rund 30% der Studien keinen Effekt auf das Körpergewicht, so dass die tierexperimentellen Ergebnisse keinesfalls einheitlich sind (7).

Datenlage und Beurteilung

Es existieren mehrere Humanstudien, die zeigen, dass MCT den Energieverbrauch steigern (29, 45, 76, 81, 85, 87, 109) und – verglichen mit LCT – eine bessere Sättigungswirkung aufweisen (88, 89). Mit 240–300 kJ/Tag (57–72 kcal/Tag) (85, 87) ist die Steigerung des Energieumsatzes allerdings relativ gering und möglicherweise ein nur kurzfristiger Effekt (63). Addiert man die energetischen Wirkungen, die durch die bessere Sättigung und den gesteigerten Energieumsatz hervorgerufen werden, so ist durch den partiellen Austausch von LCT gegen MCT durchschnittlich mit einem Gewichtsverlust von ca. 0,9 kg/Monat zu rechnen (86). Mit Ausnahme einer methodisch hochwertigen, gut kontrollierten randomisierten, plazebokontrollierten Doppelblindstudie (96) konnte diese theoretische Kalkulation von der Mehrzahl der publizierten Interventionsstudien (45, 70, 85, 87, 114) nicht bestätigt werden. Im Rahmen einer Reduktionsdiät scheint der Austausch von LCT gegen MCT dennoch den Körperfettabbau zu unterstützen, wie die Daten von Tsuji et al. (96) zeigen. Nach achtwöchiger Interventionsdauer bewirkten 10 g

MCT/Tag hier im Vergleich zu LCT einen Gewichtsverlust von 1,1 kg.

Somit kann die Verwendung von MCT eine Gewichtsreduktion unterstützen, wobei allerdings vor dem Hintergrund der derzeitigen wissenschaftlichen Datenlage keine überzogenen Hoffnungen gestellt werden sollten. Aufgrund der möglichen Nebenwirkungen (siehe unten) ist die tägliche Zufuhr auf ca. 40–60 g MCT beschränkt, so dass schon allein aus diesen Gründen nur adjuvante Effekte zu erzielen sind.

Mögliche gesundheitliche Risiken

Die toxikologische Unbedenklichkeit von MCT ist sowohl tierexperimentell als auch durch klinische Beobachtungen gut dokumentiert (94). Höhere Mengen können zu unerwünschten gastrointestinalen Begleiterscheinungen wie abdominellen Schmerzen, Diarrhö und Flatulenz führen. MCT sollten daher einschleichend in die Kost einbezogen und ihre Zufuhr auf ca. 40–60 g/Tag begrenzt werden (111).

Coffein

Ernährungsphysiologischer Hintergrund

Coffein (1,3,7-Trimethylxanthin) zählt zu den ältesten Genussmitteln. Es kommt vor allem in den Beeren, Samen und Blättern des Teestrauchs, der Ma-teepflanze sowie des Kakao- und Kola-baumes sowie im aus *Paullinia cupana* gewonnenen Guarana vor und wird in dieser Form auch in Functional Food und Nahrungsergänzungsmitteln eingesetzt. In Kaffeebohnen ist Coffein an Chlorogensäure, in Teeblättern, Kolanüssen und Guaranalien an Gerbsäuren gebunden. Die Spaltung dieser Komplexe erfolgt unter Einwirkung der Magensäure. Coffein wird rasch und vollständig resorbiert. Der Coffeingehalt einer Tasse Kaffee (150 ml) liegt bei 60–150 mg, der einer Tasse Schwarztee bei 25–100 mg. Colage-tränke weisen 10–25 mg/150 ml auf. Coffein besitzt zentral stimulierende Wirkungen. In den üblichen Dosierungen von 50–200 mg wirkt es vorwie-

gend auf die Großhirnrinde, wo durch Coffein Adenosin-Rezeptoren blockiert werden, so dass die Aufmerksamkeit erhöht und Ermüdungserscheinungen vermindert werden (61).

Zugrunde liegendes Rational

Neben seiner zentral stimulierenden Wirkung erhöht Coffein die Plasma-Adrenalinpiegel und steigert die Lipolyse (31, 61, 39). Es besitzt ergogene Effekte und erhöht die Leistungsbereitschaft bei körperlichem Training (39). Neben der Erhöhung der Adrenalinpiegel wurde dies in zahlreichen Studien auf einen Einspareffekt von Muskelglykogen im Training zurückgeführt. In neueren Untersuchungen zeigte sich allerdings, dass Coffein den Muskelglykogenverbrauch nicht beeinflusste oder vermittelt durch den Adenosin-Antagonismus eine leicht steigende Wirkung auf den Muskelglykogenverbrauch hatte (39). In mehreren Studien führte Coffein zu einer Steigerung der Thermogenese. Der damit verbundene erhöhte Energieverbrauch kann bis zu 24 Stunden nach der Coffeinaufnahme anhalten (17, 37, 46). Der Sauerstoffverbrauch, die Fettoxidation sowie die Serumspiegel an freien Fettsäuren stiegen nach Gabe von 4–8 mg Coffein je kg Körpergewicht an. Diese Effekte waren bei schlanken Personen allerdings ausgeprägter als bei Übergewichtigen, was auf die geringere Lipolyserate bei Übergewichtigen zurückgeführt wurde. Der erhöhte Energieverbrauch und die Steigerung der Fettoxidation legen einen gewichtsreduzierenden Effekt von Coffein nahe. Diese Annahme wird auch durch tierexperimentelle Untersuchungen untermauert, die eine Verminderung des Körperfettanteils nach Coffeinverabreichung ergaben (38).

Datenlage und Beurteilung

Zahlreiche Humanstudien widmeten sich der Frage, ob Coffein eine Gewichtsreduktion induzieren kann. Ein steigernder Effekt auf den Energieverbrauch wurde in einer Untersuchung mit fünf schlanken und sechs ehemals übergewichtigen Personen nachgewie-

Tab. 2: Charakterisierung und wissenschaftliche Bewertung häufig beworbener »Schlankheitsmittel«

Substanz	Beschreibung	Zugrunde liegendes Rational	Evidenz und Bewertung	Literatur
Apfelessig	durch »Trocknung« von Apfelessig erzeugter »Extrakt«, der Maltodextrin- und/oder Saccharosezusätze enthält	nicht vorhanden	<ul style="list-style-type: none"> • Trocknung des Essigs nicht möglich, da er hierbei vollständig verdampft • Analyseergebnisse deuten darauf hin, dass der in den Kapseln enthaltene »Extrakt« keine freie Säure enthält und mit dem Ausgangsprodukt nur wenig gemeinsam hat • Werbeaussagen, in denen die gewichtsreduzierenden Effekte ausgelobt werden, stellen Verstöße gegen § 17 LMBG und § 3 HWG dar • keinerlei wissenschaftlich belegter Hinweis 	40, 41
Pyruvat	zentraler intermediärer Metabolit im Kohlenhydratstoffwechsel	nicht vorhanden	<ul style="list-style-type: none"> • keinerlei wissenschaftlich belegter Hinweis 	31
Chitosan	industriell erzeugte Substanz, durch Deacetylierung aus Chitin gewonnen; Chitin ist ein N-haltiges, der Cellulose nahe verwandtes Polysaccharid-Derivat (Glucosamin); in Nahrungsergänzungsmitteln nicht zugelassen; teilweise als Medizinprodukt auf dem Markt	Adsorption von Nahrungsfetten im Gastrointestinaltrakt	<ul style="list-style-type: none"> • Fettausscheidung wird nicht erhöht • kein Nachweis gewichtsreduzierender Effekte; auch für die entsprechenden Medizinprodukte fehlt ein wissenschaftlich fundierter Leistungsnachweis, so dass deren Rechtmäßigkeit in Frage gestellt werden muss 	33, 34, 66, 83
Arginin	stark basische, proteinogene Diaminocarbonsäure; zählt zu den semi-essenziellen Aminosäuren	Stimulation der Sekretion von Wachstumshormon	<ul style="list-style-type: none"> • orale Applikation der in handelsüblichen Präparaten enthaltenen Mengen (ca. 1–2 g) hat keinen Einfluss auf die Ausschüttung von Wachstumshormon • keine gewichtsreduzierenden Effekte belegt 	41, 113
Pektin	zur Gruppe der löslichen Ballaststoffe zählende Gelbildner; Pektine bestehen vorwiegend aus (1–4)-verknüpften α -D-Galacturonsäureeinheiten	Verlängerung der Magenverweildauer; erhöhtes Sättigungsgefühl	<ul style="list-style-type: none"> • Sättigungseffekt wahrscheinlich • generell zeigen klinische Studien keine langfristigen gewichtsreduzierenden Effekte isolierter Ballaststoffpräparate • demgegenüber können ballaststoffreiche Lebensmittel einen wichtigen Beitrag bei der Gewichtsreduktion leisten 	28, 47, 89, 92
Guar Gum	zur Gruppe der löslichen Ballaststoffe zählende Gelbildner; das Galactomannan besteht vorwiegend aus (1–4)-verknüpften β -D-Mannopyranosylresten, die mit α -D-Galactopyranosylresten verbunden sind	Verlängerung der Magenverweildauer; erhöhtes Sättigungsgefühl	<ul style="list-style-type: none"> • aufgrund einer Metaanalyse der vorliegenden Humanstudien ist der Effekt als äußerst gering zu bewerten; die Verwendung entsprechender Präparate kann nicht empfohlen werden 	53, 67

sen, die alle 2–6 Stunden 100 mg Coffein erhielten. Der tägliche Energieverbrauch erhöhte sich um rund 630 kJ (150 kcal) bei den Schlanken und um 330 kJ (80 kcal) bei den vormals Übergewichtigen (29). In Studien, die sich mit der gewichtsreduzierenden Wirkung von Coffein beschäftigten, wurde Coffein meist in Kombination mit anderen Substanzen wie Ephedrin oder Chrom eingesetzt (18, 26, 65, 93). Lediglich in einer randomisierten, plazebo-kontrollierten Doppelblindstudie wurde die Wirkung von Coffein allein

in einer Dosierung von 200 mg täglich über einen Zeitraum von 24 Wochen bei gleichzeitiger energiereduzierter Diät untersucht (3). Der Gewichtsverlust der mit Coffein behandelten Gruppe unterschied sich nicht von dem in der Plazebogruppe. Auch die Verabreichung von Coffein kombiniert mit Chrom und Ballaststoffen (65) führte nicht zu Gewichtsverlusten, die über denen der Plazebogruppen lagen. Als wirksam hingegen erwiesen sich die Kombination von Coffein mit Ephedrin, die zu einer Gewichtsreduktion von

1,1 kg innerhalb von 24 Wochen führte (93). In einer 6-monatigen plazebo-kontrollierten Studie, in der täglich 192 mg Coffein in Kombination mit 90 mg Ephedrin verabreicht wurden, ergab sich ein stärkerer Gewichtsverlust und eine Reduktion des Körperfettanteils im Vergleich zur Plazebogruppe (14). Auch die tägliche Verabreichung eines pflanzlichen Supplements mit »Ma-Huang« (= *Ephedra*-Zubereitung), Guarana und anderen Inhaltsstoffen (72 mg Ephedrinalkaloide und 240 mg Coffein) führte in einer 8-wöchigen kontrollier-

ten Doppelblindstudie zu einer signifikant höheren Gewichtsabnahme in der Interventionsgruppe verglichen mit der Placebogruppe (15).

Die Kombinationsstudien mit Ephedrin, in denen teilweise unerwünschte Nebenwirkungen auftraten, erlauben keine Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von Coffein allein. Die vorliegenden Daten machen deutlich, dass Coffein trotz seiner Wirkungen auf Thermogenese und Lipolyse keine signifikante Gewichtsreduktion induziert.

Mögliche gesundheitliche Risiken

Coffein kann bei vegetativ labilen Personen schon bei geringen Dosierungen zu Schlaflosigkeit, innerer Unruhe, Tachykardie und evtl. Durchfällen führen. In hohen Dosierungen löst Coffein Ruhelosigkeit, Tremor und Herzrhythmusstörungen aus. Zudem zeigten tierexperimentelle Studien teratogene Effekte. Bei Schwangeren besteht bei Dosierungen über 600 mg/Tag ein erhöhtes Risiko für Aborte und Frühgeburten (61). Darüber hinaus wird eine hohe Coffeinaufnahme im Zusammenhang mit einer Blutdrucksteigerung (62), einem erhöhten Osteoporoserisiko (25, 43) und einer verstärkten Insulinresistenz (11, 52) diskutiert. Vom US-amerikanischen FDA (Federal Drug Administration) wird Coffein in Dosierungen bis zu 200 mg alle drei Stunden ohne Verschreibungspflicht zugelassen und damit als relativ sicher eingeschätzt (38).

Weitere zur Gewichtsreduktion empfohlene Substanzen

Neben den dargestellten Verbindungen existiert eine Vielzahl weiterer Substanzen, die als »Schlankheitsmittel« beworben werden. Hierzu zählen vor allem Ballaststoffe wie Pektin und Guar Gum sowie eine Reihe immer neuer »Modesubstanzen«, die oft nur kurzzeitig bis zum Verbot derartiger Produkte angeboten werden. Wissenschaftlich belegbare Wirkungen sind für solche Stoffe wie Apfelessig, Pyruvat, Arginin, Chitosan nicht zu finden. Eine Charak-

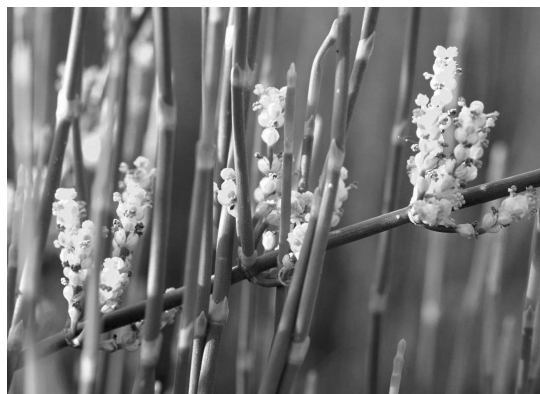
Ephedra

Das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte warnt vor dem unkontrollierten Verzehr von Produkten, die Meerträubel-Kraut (*Ephedra*-Arten) enthalten und nicht als Arzneimittel zugelassen sind. Es kann zu unerwünschten Wirkungen bis hin zu Krampfanfällen und psychischen Veränderungen kommen.

In den USA sind bereits mehrere hundert Menschen durch die unkontrollierte Einnahme solcher Produkte erkrankt, mehr als zehn starben an den Folgen (<http://www.fda.gov/oc/initiatives/ephedra/february2004/>).

Ephedra ist ein Mittel der Traditionellen Chinesischen Medizin. Es wird unter dem Namen Ma-Huang oder als Mormonen-, Brigham- und Mexikanischer Tee gehandelt. Die natürlicherweise enthaltenen Alkaloide, die in Form und Charakter Amphetaminen ähneln, wirken gefäßverengend, kreislaufstimulierend, blutdrucksteigernd, zentral erregend, appetitdämpfend und krampflösend (Bronchien). In Deutschland werden *Ephedra*-haltige Produkte als apothekenpflichtige Arzneimittel eingestuft. Doch über das Internet sind sie frei zugänglich. So wird *Ephedra*-Tee als Appetitzügler beworben, der – angeblich – überschüssiges Fett verschwinden und Muskeln wachsen lassen soll.

(Foto: Beat Ernst, Basel)



terisierung und Bewertung einiger Verbindungen zeigt Tab. 2.

Prof. Dr. Andreas Hahn

Universität Hannover
Zentrum Angewandte Chemie
Institut für Lebensmittelwissenschaft
Wunstorfer Str. 14
30453 Hannover
E-Mail: andreas.hahn@lw.uni-hannover.de

Das Literaturverzeichnis ist in der Online-Ausgabe der Zeitschrift (www.thieme-connect.de) enthalten. Verlag und Korrespondenzautor schicken es auf Anfrage auch gern zu.

Summary

Dietary supplements and functional food for body weight reduction – desire and reality

Many people are dreaming of a body weight reduction without changing the lifestyle. This is the reason why slimming products are extremely successful on the market. For many consumers even the hope of weight loss is sufficient to forget their own basic knowledge and experience on the strong association of weight, diet, and physical exercise and to believe in questionable promises instead. Examined scientifically, the advertising promises of such products turn out not to be true in almost any case. Even if there are some data on a biochemical or pharmacological rationale for an efficacy of such a supplement, in clinical trials the extent of weight reduction was small at best. Therefore, the dream to loose weight without changing the lifestyle remains what it used to be – a dream!

Key words

Obesity, body weight reduction, dietary supplements, functional food

Literatur

- 1 Amato P, Morales AJ, Yen, SS: effects of chromium picolinate supplementation on insulin sensitivity, lipids, and body composition in healthy, nonobese, older men and women. *Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000; 55: M260–263.
- 2 Anderson RA: Effects of chromium on body composition and weight loss. *Nutr Rev* 1998; 56: 266–270.
- 3 Astrup A, Breum L, Toubro S, Hein P, Quaade F: The effect and safety of an ephedrine/caffeine compound compared to ephedrine, caffeine and placebo in obese subjects on an energy restricted diet. A double blind trial. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1992; 16: 269–277.
- 4 Atkinson RL: Conjugated linoleic acid for altering body composition and treating obesity. In: Yurawecz MP, Mossoba MM, Kramer JKG, et al. (eds.): *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, Vol 1. Champaign, Illinois: AOCS Press; 1999: 348–353. Zitiert nach (54).
- 5 Bach AC, Babayan VK: Medium-chain triglycerides: An update. *Am J Clin Nutr* 1982; 36: 950–962.
- 6 Bach AC, Frey A, Lutz O: Clinical and experimental effects of medium-chain triglycerides. A review. *Clin Nutr* 1989; 8: 223–235.
- 7 Bach AC, Ingenbleek Y, Frey A: The usefulness of dietary medium-chain triglycerides in body weight control: fact or fancy? *J Lipid Res* 1996; 37: 708–726.
- 8 Bahadori B, Wallner S, Schneider H, et al.: Effects of chromium yeast and chromium picolinate on body composition in obese non-diabetic patients during and after a very-low-calorie diet. *Acta Med Austriaca* 1997; 5: 185–187.
- 9 Basu S, Riserus U, Turpeinen A, Vessby B.: Conjugated linoleic acid induces lipid peroxidation in men with abdominal obesity. *Clin Sci (Lond)* 2000; 99: 511–516.
- 10 BgVV (Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin): Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte der Verwendung von Mineralstoffen und Vitaminen in Lebensmitteln. Teil I: Mineralstoffe (einschließlich Spurenelemente). <http://www.lebensmittelmeister.de/Informatives/BgVV/mineralstoffe.pdf>
- 11 Biaggioni I, Davis SN: Caffeine: a cause of insulin resistance? *Diabetes Care* 2002; 25: 399–400.
- 12 Blankson H, Stakkestad JA, Fagertun H, et al.: Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *J Nutr* 2000; 130: 2943–2948.
- 13 BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft): Bekanntmachung des Widerrufs von Allgemeinverfügungen nach § 47a LMBG; Bundesanzeiger 53 (Nr. 90), 9497 vom 15. Mai 2001.
- 14 Boozer CN, Daly PA, Homel P, et al.: Herbal ephedra/caffeine for weight loss: a 6-month randomized safety and efficacy trial. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002; 26: 593–604.
- 15 Boozer CN, Nasser JA, Heymsfield SB, et al.: An herbal supplement containing Ma Huang-Guarana for weight loss: a randomized, double-blind trial. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001; 25: 316–324.
- 16 Borum P, Bennett SG: Carnitine as an essential nutrient. *J Am Coll Nutr* 1986; 5: 177–182.
- 17 Bracco D, Ferrara JM, Arnaud MJ, et al.: Effects of caffeine on energy metabolism, heart rate, and methylxanthine metabolism in lean and obese women. *Am J Physiol* 1995; 269: E671–678.
- 18 Breum L, Pedersen JK, Ahlstrom F, Frimodt-Moller J: Comparison of an ephedrine/caffeine combination and dexfenfluramine in the treatment of obesity. A double-blind multi-centre trial in general practice. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1994; 18: 99–103.
- 19 Bulbulian R, Pringle DD, Liddy MS: Chromium picolinate supplementation in male and female swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28(Suppl.): S111.
- 20 Campbell WW, Joseph LJ, Davey SL, et al.: Effects of resistance training and chromium picolinate on body composition and skeletal muscle in older men. *J Appl Physiol* 1999; 86: 29–39.
- 21 Chan S, McCowen KC, Bistran B: Medium-chain triglyceride and n-3 polyunsaturated fatty acid-containing emulsions in intravenous nutrition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 1998; 1: 163–169.
- 22 Chin SF, Liu W, Storksen JM, Ha YL, Pariza MW: Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J Food Compos Anal* 1992; 5: 185–197.
- 23 Clancy SP, Clarkson PM, DeCheke ME, et al.: Effects of chromium picolinate supplementation on body composition, strength, and urinary chromium loss in football players. *Int J Sport Nutr* 1994; 4: 142–153.
- 24 Conte A: A non-prescription alternative on weight reduction therapy. *Am J Bariat Med* (1993), 17–19.
- 25 Cummings SR, Nevitt MC, Browner WS, et al.: Risk factors for hip fracture in white women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *N Engl J Med* 1995; 332: 767–773.
- 26 Daly PA, Krieger DR, Dulloo AG, et al.: Ephedrine, caffeine and aspirin: safety and efficacy for treatment of human obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1993; 17 (Suppl 1): S73–78.
- 27 Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), et al. (Hrsg.): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Frankfurt am Main: Umschau/Braus; 2000: 201–208.
- 28 Di Lorenzo C, Williams CM, Hajnal F, Valenzuela JE: Pectin delays gastric emptying and increases satiety in obese subjects. *Gastroenterology* 1988; 95: 1211–1215.
- 29 Dulloo AG, Fathi M, Mensi N, Girardier L: Twenty-four-hour energy expenditure and urinary catecholamines of humans consuming low-to-moderate amounts of medium-chain triglycerides: a dose-response study in a human respiratory chamber. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50: 152–158.
- 30 Dulloo AG, Geissler CA, Horton T, Collins A, Miller DS: Normal caffeine consumption: influence on thermogenesis and daily energy expenditure in lean and postobese human volunteers. *Am J Clin Nutr* 1989; 49: 44–50.
- 31 Egger G, Cameron-Smith D, Stanton R: The effectiveness of popular, non-prescription weight loss supplements. *Med J Aust* 1999; 171: 604–608.
- 32 Evans GW: The effect of chromium picolinate on insulin controlled parameters in humans. *Int J Biosoc Med Res* 1989; 11: 163–180.
- 33 Gades MD, Stern JS: Chitosan supplementation and fecal fat excretion in men. *Obes Res* 2003; 11: 683–688.
- 34 Gades MD, Stern JS: Chitosan supplementation does not affect fat absorption in healthy males fed a high-fat diet, a pilot study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002; 26: 119–122.
- 35 Gaullier JM, Berven G, Blankson H, Gudmundsen O: Clinical trial results support a preference for using CLA preparations enriched with two isomers rather than four isomers in human studies. *Lipids* 2002; 37: 1019–1025.
- 36 Girola M, De Bernardi M, Contos S, et al.: Dose effect in lipid-lowering activity of a new dietary tetraester (chitosan, garcinia cambogia extract, and chrome). *Acta Toxicol Ther* 1996; 17: 25–40.
- 37 Graham TE, Rush JW, van Soeren MH: Caffeine and exercise: metabolism and performance. *Can J Appl Physiol* 1994; 19: 111–138.
- 38 Greenway FL: The safety and efficacy of pharmaceutical and herbal caffeine and ephedrine use as a weight loss agent. *Obes Rev* 2001; 2: 199–211.
- 39 Greer F, Friars D, Graham TE: Comparison of caffeine and theophylline ingestion: exercise metabolism and endurance. *J Appl Physiol* 2000; 89: 1837–1844.
- 40 Hahn A, Wolters M, Hanke G: Nahrungsergänzungsmittel. Möglichkeiten und Grenzen. *Dtsch Apoth Ztg* 1999; 139 (25): 2470–2482.
- 41 Hahn A: Nahrungsergänzungsmittel. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2001.
- 42 Hasten DL, Rome EP, Franks BD, Hegsted M: Effects of chromium picolinate on beginning weight training students. *Int J Sport Nutr* 1992; 2: 343–50.
- 43 Heaney RP: Effects of caffeine on bone and the calcium economy. *Food Chem Toxicol* 2002; 40: 1263–1270.
- 44 Heymsfield SB, Alison DB, Vasselli JR, et al.: Garcinia cambogia (hydroxycitric acid) as a potential antiobesity agent. A randomized controlled trial. *JAMA* 1998; 280: 1596–1600.
- 45 Hill JO, Peters JC, Yang D, et al.: Thermogenesis in humans during overfeeding with medium-chain triglycerides. *Metabolism* 1989; 38: 641–648.
- 46 Horton TJ, Geissler CA: Post-prandial thermogenesis with ephedrine, caffeine and aspirin in lean, pre-disposed obese and obese women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1996; 20: 91–97.
- 47 Howarth NC, Saltzman E, Roberts SB: Dietary fiber and weight regulation. *Nutr Rev* 2001; 59: 129–139.

- 48 Jena BS, Jayaprakasha GK, Singh RP, Sakariah KK: Chemistry and biochemistry of (-)-hydroxycitric acid from *Garcinia*. *J Agric Food Chem* 2002; 50: 10–22.
- 49 Joseph LJ, Farrell PA, Davey SL, et al.: Effect of resistance training with or without chromium picolinate supplementation on glucose metabolism in older men and women. *Metabolism* 1999; 48: 546–553.
- 50 Kaats GR, Blum K, Fisher JA, et al.: Effects of chromium picolinate on body composition: a randomized double-masked placebo-controlled study. *Curr Ther Res* 1996; 57: 747–756.
- 51 Kaats GR, Wiswe JA, Blum K, et al.: The short-term therapeutic efficacy of treating obesity with a plan of improved nutrition and moderate caloric restriction. *Curr Ther Res* 1992; 51: 261–274.
- 52 Keijzers GB, De Galan BE, Tack CJ, Smits P: Caffeine can decrease insulin sensitivity in humans. *Diabetes Care* 2002; 25: 364–369.
- 53 Kovacs EM, Westertep-Plantenga MS, Saris WH, et al.: The effect of addition of modified guar gum to a low-energy semisolid meal on appetite and body weight loss. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001; 25: 307–315.
- 54 Kraft J, Jahreis G: Konjugierte Linolsäuren: Genese und metabolische Wirkungen. *Ernährungs-Umschau* 2001; 48: 348–355.
- 55 Livolsi JM, Adams GM, Laguna PL: The effect of chromium picolinate on muscular strength and body composition in women athletes. *J Strength Cond Res* 2001; 15: 161–166.
- 56 Löffler G, Petrides PE: Koordinierung des Stoffwechsels. In: Löffler G, Petrides P (Hrsg.): *Biochemie und Pathobiochemie*, 7. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 2003: 557–578.
- 57 Lukaski HC: Chromium as a supplement. *Annu Rev Nutr* 1999; 19: 279–302.
- 58 Lurz R, Fischer R: Carnitin zur Unterstützung der Gewichtsabnahme bei Adipositas. *Arztzeitschrift für Naturheilverfahren* 1998; 39: 12–15.
- 59 MacDonald HB: Conjugated linoleic acid and disease prevention: a review of current knowledge. *J Am Coll Nutr* 2000; 19(2 Suppl): 111S–118S.
- 60 Müller SD, Bäumker C: MCT – das Fett, das nicht dick macht. München: Midena; 2001.
- 61 Mutschler E, Geisslinger G, Kroemer HK, Schäfer-Korting M: *Arzneimittelwirkungen*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2001.
- 62 Nurminen ML, Niittynen L, Korpela R, Vapaatalo H: Coffee, caffeine and blood pressure: a critical review. *Eur J Clin Nutr* 1999; 53: 831–839.
- 63 Papamandjaris AA, White MD, Jones PJ: Components of total energy expenditure in healthy young women are not affected after 14 days of feeding with medium- versus long-chain triglycerides. *Obes Res* 1999; 7: 273–280.
- 64 Pariza MW, Park Y, Cook ME: Conjugated linoleic acid and the control of cancer and obesity. *Toxicol Sci* 1999; 52(2 Suppl): 107–110.
- 65 Pasman WJ, Westertep-Plantenga MS, Saris WH: The effectiveness of long-term supplementation of carbohydrate, chromium, fibre and caffeine on weight maintenance. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997; 21: 1143–1151.
- 66 Pittler MH, Abbot NC, Harkness EF, Ernst E: Randomized, double-blind trial of chitosan for body weight reduction. *Eur J Clin Nutr* 1999; 53: 379–381.
- 67 Pittler MH, Ernst E: Guar gum for body weight reduction: meta-analysis of randomized trials. *Am J Med* 2001; 110: 724–730.
- 68 Pittler MH, Stevinson C, Ernst E: Chromium picolinate for reducing body weight: meta-analysis of randomized trials. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003; 27: 522–529.
- 69 Popkin BM, Doak CM: The obesity epidemic is a worldwide phenomenon. *Nutr Rev* 1998; 56: 106–114.
- 70 Rath R, Skala I, Rathova E: Metabolic aspects of the use of medium chain triglycerides in the treatment of obesity. *Z Ernährungswissenschaft* 1972; 13: 116–124.
- 71 Rebouche CJ, Seim H: Carnitine metabolism and its regulation in microorganisms and mammals. *Annu Rev Nutr* 1998; 18: 39–61.
- 72 Riserus U, Basu S, Jovinge S, et al.: Supplementation with conjugated linoleic acid causes isomer-dependent oxidative stress and elevated C-reactive protein: a potential link to fatty acid-induced insulin resistance. *Circulation* 2002; 106: 1925–1929.
- 73 Riserus U, Arner P, Brismar K, Vessby B: Treatment with dietary trans10cis12 conjugated linoleic acid causes isomer-specific insulin resistance in obese men with the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 2002; 25: 1516–1521.
- 74 Riserus U, Berglund L, Vessby B: Conjugated linoleic acid (CLA) reduced abdominal adipose tissue in obese middle-aged men with signs of the metabolic syndrome: a randomised controlled trial. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001; 25: 1129–1135.
- 75 Rothacker DQ, Waitman BE: Effectiveness of a *Garcinia cambogia* and natural caffeine combination in weight loss: double-blind placebo-controlled pilot study. *Int J Obes* 1997; 21: 53 [Abstract].
- 76 Scalfi L, Coltorti A, Contaldo F: Postprandial thermogenesis in lean and obese subjects after meals supplemented with medium-chain and long-chain triglycerides. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 1130–1133.
- 77 SCF (Scientific Committee on Food): Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Trivalent Chromium (expressed in 4 April 2003). SCF/CS/NUT/UPPLEV/67 Final 23 April 2003. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/ot197_en.pdf
- 78 Scheck A: L-Carnitin – ein Schlankheitsmittel? *Ernährungs-Umschau* 1998; 45: 131–132.
- 79 Scheck A: L-Carnitin: Sinn und Unsinn der Substitution einer körpereigenen Substanz. Teil 1: Zur Physiologie und sinnvollen Substitution. *Ernährungs-Umschau* 1994; 41: 9–15.
- 80 Scheck A: L-Carnitin: Sinn und Unsinn der Substitution einer körpereigenen Substanz. Teil 2: Zur fragwürdigen und unsinnigen Substitution. *Ernährungs-Umschau* 1994; 41: 60–67.
- 81 Seaton TB, Welle SL, Warenko MK, Campbell RG: Thermic effect of medium-chain and long-chain triglycerides in man. *Am J Clin Nutr* 1986; 44: 630–634.
- 82 Siani V, *Alim Nutr Metabl* 1984; 5: 89–92.
- 83 Singla AK, Chawla M: Chitosan: some pharmaceutical and biological aspects – an update. *J Pharm Pharmacol* 2001; 53: 1047–1067.
- 84 Smedman A, Vessby B: Conjugated linoleic acid supplementation in humans – metabolic effects. *Lipids* 2001; 36: 773–781.
- 85 St-Onge MP, Bourque C, Jones PJ, et al.: Medium- versus long-chain triglycerides for 27 days increases fat oxidation and energy expenditure without resulting in changes in body composition in overweight women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003; 27: 95–102.
- 86 St-Onge MP, Jones PJ: Physiological effects of medium-chain triglycerides: potential agents in the prevention of obesity. *J Nutr* 2002; 132: 329–332.
- 87 St-Onge MP, Ross R, Parsons WD, Jones PJ: Medium-chain triglycerides increase energy expenditure and decrease adiposity in overweight men. *Obes Res* 2003; 11: 395–402.
- 88 Stubbs RJ, Harbron CG: Covert manipulation of the ration medium- to long-chain triglycerides in isoenergetically dense diets: effect on food intake in ad libitum feeding men. *Int J Obes* 1996; 20: 435–444.
- 89 Thakur BR, Singh RK, Handa AK: Chemistry and uses of pectin – a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1997; 37: 47–73.
- 90 Thom E, Wadstein J, Gudmundsen O: Conjugated linoleic acid reduces body fat in healthy exercising humans. *J Int Med Res* 2001; 29: 392–396.
- 91 Thom E: Hydroxycitrate (HCA) in the treatment of obesity. *Int J Obes* 1996; 20: 48. [Abstract]
- 92 Tiwary CM, Ward JA, Jackson BA: Effect of pectin on satiety in healthy US Army adults. *J Am Coll Nutr* 1997; 16: 423–428.
- 93 Toubro S, Astrup AV, Breum L, Quaade F: Safety and efficacy of long-term treatment with ephedrine, caffeine and an ephedrine/caffeine mixture. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1993; 17(Suppl 1): S69–72.
- 94 Traul KA, Driedger A, Ingle DL, Nakhasi D: Review of the toxicologic properties of medium-chain triglycerides. *Food Chem Toxicol* 2000; 38: 79–98.
- 95 Trent LK, Thieding-Cancel D: Effects of chromium picolinate on body composition. *J Sports Med Phys Fitness* 1995; 35: 273–280.
- 96 Tsuji H, Kasai M, Takeuchi H, et al.: Dietary medium-chain triacylglycerols suppress accumulation of body fat in a double-blind, controlled trial in healthy men and women. *J Nutr* 2001; 131: 2853–2859.
- 97 Ulrich H, Pastores SM, Katz DP, Kvetan V: Parenteral use of medium-chain triglycerides: a reappraisal. *Nutrition* 1996; 12: 231–238.
- 98 Van Wymelbeke V, Himaya A, Louis-Sylvestre J, Fantino M: Influence of medium-chain and long-chain triacylglycerols on the control of food intake in men. *Am J Clin Nutr* 1998; 68: 226–234.
- 99 Van Wymelbeke V, Louis-Sylvestre J, Fantino M: Substrate oxidation and control of food intake in men after a fat-substitute meal

- compared with meals supplemented with an isoenergetic load of carbohydrate, long-chain triacylglycerols, or medium-chain triacylglycerols. *Am J Clin Nutr* 2001; 74: 620–630.
- 100 Vaz FM, Wanders RJ: Carnitine biosynthesis in mammals. *Biochem J* 2002; 361: 417–429.
- 101 Vessby B, Smedman A: Conjugated linoleic acid (CLA) reduces the body fat content in humans. *Chem Phys Lipids* 1999; 101: AT2./01. [Abstract]
- 102 Villani RG, Gannon J, Self M, Rich PA: L-Carnitine supplementation combined with aerobic training does not promote weight loss in moderately obese women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000; 10: 199–207.
- 103 Vincent JB: The biochemistry of chromium. *J Nutr* 2000; 130: 715–718.
- 104 Volpe SL, Huang HW, Larpadisorn K, Lesser II: Effect of chromium supplementation and exercise on body composition, resting metabolic rate and selected biochemical parameters in moderately obese women following an exercise program. *J Am Coll Nutr* 2001; 20: 293–306.
- 105 Vukovich MD, Costill DL, Fink WJ: Carnitine supplementation: effect on muscle carnitine and glycogen content during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26: 1122–1129.
- 106 Walker LS, Bemben MG, Bemben DA, Knehans, AW: Chromium picolinate effects on body composition and muscular performance in wrestlers. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 1730–1737.
- 107 Watson JA, Fang M, Löwenstein JM: Tricarbalate and hydroxycitrate: substrate and inhibitor of ATP: citrate oxalacetate lyase. *Arch Biochem Biophys* 1969; 35: 209–217.
- 108 Wirth A: *Adipositas*. 2. Aufl., Berlin: Springer; 2000.
- 109 White MD, Papamandjaris AA, Jones PJ: Enhanced postprandial energy expenditure with medium-chain fatty acid feeding is attenuated after 14 d in premenopausal women. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 883–889.
- 110 WHO. Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Genf: WHO Technical Report Series 894, 2000.
- 111 Wolfram G: Aktuelles Interview: Sind MCT-Fette die »Fettsensation«? *Ernährungs-Umschau* 2001; 48(12): B45–B46.
- 112 Wolters M, Siekmann D, Hahn A: Functional Foods – Aktuelle Situation und Perspektiven. *ERNO* 2001; 2: 36–46.
- 113 Wu G, Morris SM Jr.: Arginine metabolism: nitric oxide and beyond. *Biochem J* 1998; 336: 1–17.
- 114 Yost TJ, Eckel RH: Hypocaloric feeding in obese women: metabolic effects of medium-chain triglyceride substitution. *Am J Clin Nutr* 1989; 49: 326–330.
- 115 Yurawecz MP, Mossoba MM, Kramer JKG, et al.: In: Yurawecz MP, Mossoba MM, Kramer JKG, Pariza MW, Nelson GJ (eds.): *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, Vol 1. Champaign, Illinois: AOCS Press; 1999. Zitiert nach (54).
- 116 Zambel KL, Horn WF, Keim NL: Conjugated linoleic acid supplementation in humans: effects on fatty acid and glycerol kinetics. *Lipids* 2001; 36: 767–772.
- 117 Zambel KL, Keim NL, Van Loan MD, et al.: Conjugated linoleic acid supplementation in humans: effects on body composition and energy expenditure. *Lipids* 2000; 35: 777–782.