

Bedeutung und empfehlenswerte Höhe der Zufuhr langkettiger Omega-3-Fettsäuren

Ein Konsensus-Statement des Arbeitskreises Omega-3

Im Arbeitskreis Omega-3 haben sich namhafte Wissenschaftler und Unternehmer zusammengefunden, die sich mit der Thematik der Omega-3-Fettsäuren intensiv befassen. Ziel ist es, sowohl die Fachöffentlichkeit als auch interessierte Laien wie beispielsweise Journalisten und Verbraucher über die Wirkungsweisen und gesundheitsfördernden Eigenschaften von Omega-3-Fettsäuren zu informieren. Dabei arbeitet der Arbeitskreis Omega-3 eng mit der Deutschen Herzstiftung zusammen.

Einführung

Die in unserer Nahrung enthaltenen mehrfach ungesättigten Fettsäuren haben in den letzten Jahren ein zunehmendes Interesse bei Wissenschaftlern und in der Industrie geweckt. Mittlerweile liegen über 5000 wissenschaftliche Publikationen vor, die Auskunft über die gesundheitsfördernden Effekte von Omega-3-Fettsäuren geben.

Gab es vor wenigen Jahren das Hauptaugenmerk den Omega-6-Fettsäuren (cis-Linolensäure) und ihrer Wirkung auf die Blutzucker- so richtet sich das Interesse jetzt mehr auf die Omega-3-Fettsäuren, und zwar insbesondere auf die ernährungsphysiologische und diätetische Bedeutung der langkettigen Vertreter Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA). Damit verbunden sind Fragen der wissenschaftlichen Zufuhrmenge dieser Fettsäuren und des vorerwähnten Verhältnisses der beiden Fettstoffwechselgruppen zueinander. Die jeweiligen Ausgangssituationen der Omega-6-Familie, die cis-Linolensäure, sowie der Omega-3-Familie, die alpha-Linolensäure, sind ebenfalls, d. h., beide Fettsäuregruppen müssen mit der Nahrung zugeführt werden. Eine Umwandlung der einen in die andere Fettsäurefamilie ist im Stoffwechsel nicht möglich, wohl aber die Kettenverlängerung und Einfügung zusätzlicher Doppelbindungen innerhalb der jeweiligen Omega-6- und Omega-3-Familien. Diese Synthese, z. B. von Eicosapentaensäure aus alpha-Lin-

olensäure, ist jedoch aus verschiedenen Gründen im Stoffwechsel nur in sehr beschränktem Maße möglich. Dabei werden auch die langkettigen Omega-3-Fettsäuren als essentiell eingestuft. Von großer praktischer Bedeutung sind daraus Fragen nach der richtigen Fettsäure sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht (Auswahl der Speiseweise, Fischereiernte, ungesättigte Lebensmittel/Functional Food sowie Nahrungsergänzungsmittel).

Ernährungsphysiologische Bedeutung der langkettigen Omega-3-Fettsäuren

Nahrungsfettsäuren dienen der Energiegewinnung durch Oxidation und der Synthese körpereigener Lipide. Mehrfach ungesättigte Fettsäuren vom Typ der cis-Linolensäure, Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure werden nach ihrer Aufnahme mit der Nahrung in Zellstrukturen eingebaut und sind dort essentielle Bestandteile der Membranen aller Körperzellen und bedingen somit deren Funktionsfähigkeit. Bekannt ist, dass 98 % der Gesamtfettsäuren der retina und 40 % der mehrfach ungesättigten Gehirnlipide aus Eicosapentaensäure bestehen [1]. Eine entsprechende Bedeutung für die Entwicklung der Gehirnhäute und Sehfähigkeit kommt daher nach Untersuchungen von Garry und Yarns [2], Janssen et al. [3] sowie Kromann [30] insbesondere der DHA in der Er-

nährung von Schwangeren, Stillenden und Säuglingen zu.

Die Folgeprodukte der mehrfach ungesättigten Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren, die Eicosanoide, gehen als körpereigene regulatorisch wirksame Mediatoren und Hormone, sie beeinflussen somit zahlreiche Stoffwechselvorgänge und -funktionen. Ihrem ausgeprägten biochemischen Gleichgewicht und der überragenden Bioaktivität kommt daher eine große Bedeutung im Rahmen der Prävention, d. h. der gesundheitsfördernden Ernährung, zu.

Wissenschaftliche Studien

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, eine Vielzahl von physiologischen Funktionen zu beeinflussen, die durch Eicosanoide gesteuert werden, durch Nahrungszufuhr direktlich zu beeinflussen. In der Ernährungswissenschaften eröffnen sich heute [14] und Kromann [3] zufolge vielfältige Einsatzmöglichkeiten der gesunden Verabreichung von mehrfach ungesättigten Fettsäuren – hier insbesondere der langkettigen Omega-3-Fettsäuren – bei Fettstoffwechselerkrankungen, Arteriosklerose, Störungen der Thrombozytenfunktion, Bluthochdruck, chronisch entzündlichen und allergischen Erkrankungen. Mittlerweile liegen mehr als 5000 wissenschaftliche Publikationen vor, die Auskunft über die gesundheitsfördernden Effekte von Omega-3-Fettsäuren geben. Die Wirksamkeit der verschiedenen Ergebnisse verschiedener Studien und Experimente zeigt kein eindeutiges Bild, sondern ein breites Spektrum an der Bedeutung der Omega-3-Fettsäuren für die Gesundheit und Gesundheitshaltung mehr zu.

Omega-3-Fettsäuren beeinflussen eine ganze Reihe von kardiovaskulären Risikofaktoren. Besonders herausgegriffen haben dabei vor allem aktuelle Interventionsstudien – die so genannte Lyon-Hevo-Studie [11] und die DSSA-Studie [24] – deren Ergebnisse 1999 veröffentlicht wurden. In der Lyon-Hevo-

Studie konnte unter einer mediterranen Ernährung, die reich an Omega-3-Fettsäuren pflanzlichen Ursprungs vom Typ der alpha-Linolensäure war, eine signifikante Senkung der Herzinfarktrate erreicht werden. Ob dieser Effekt ausschließlich auf die alpha-Linolensäure zurückgeht, muss angewendet werden. In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, dass auch bei einer Subgruppe von Teilnehmer:innen der Nurses' Health Study mit einem vergleichsweise hohen Verzehr an alpha-Linolensäure eine geringere Rate an ischämischen Herz-Kreislauferkrankungen beobachtet wurde (7).

Die Auswertung der INTERHEART Studie hat dagegen ergeben, dass Patienten, die etwa 1 Gramm der für maximale Quellen typischen langkettigen Omega-3-Fettsäuren (EPA/DHA) zu sich nahmen, signifikant seltener an der Folge des Infarktes verstarben als die in der Kontrollgruppe. Durch die Erhöhung der Zufuhr von langkettigen Omega-3-Fettsäuren konnte bei Patienten nach Herzinfarkt trotz bereits etablierter medikamentöser Therapie der Herzinfarkt nach Infarkt signifikant um 30 % gesenkt werden. Vermutlich spielt dabei die des Herzerkrankten nachweisbare Wirkung einer bestimmten Rolle.

Für einen direkten Zusammenhang zwischen langkettigen Omega-3-Fettsäuren aus Meerestisch und dem Schutz vor plötzlichem Herzinfarkt sprechen auch die Ergebnisse von Bonin et al. (2) und Siscovick et al. (16).

Mittlerweile liegen Studien von Siscovick et al. (15) sowie Tracy et al. (18) zur Wirkung nautischer Mengen angereicherter Omega-3-Fettsäuren aus Fischöl in Brot und Trinkmilch (Kalkmilch) aus. Die Untersuchungen lagen im Bereich von 1 Gramm Fischöl pro Tag bzw. 300 mg EPA und DHA, jeweils als Austausch von Margarine im Brot oder als Zusatz an intervallarier Milch mit einem Gesamtzuckergehalt von 1,7 Gramm pro 100 ml. Beide Studien führten zu positiven Veränderungen der Blutfettwerte (HDL, Triglyceride).

In einer Studie von Rizos und Genser (21) an 67 jungen gesunden Freiwilligen kann es während 16 Wochen unter Gabe von 1 Gramm Omega-3-Fettsäuren pro Tag zu einer Senkung der Triglyceridkonzentration im Serum um 25 bis 30 %, bei Personen mit erhöhtem Fettstoffwechsel um eine Senkung der Triglyceride um über 50 %. Die Triglyceridwerte werden von der EPA und DHA in gleichem Umfang gesenkt.

Der Stoffwechsel der Omega-3-Fettsäuren

Essensprotein- und Desaturationsenzyme dienen als Ausgangspunkte von Eicosanoiden, die wiederum für kardioprotektive und antiinflammatorische Wirkungen verantwortlich sind. Sie entstehen durch Kettenverlängerung und Hydrolyse von Doppelbindungen aus alpha-Linolensäure. Das für die Umwandlung benötigte Enzym delta-5-Desaturase ist jedoch beim Menschen in seiner Aktivität begrenzt – vor allem dann, wenn es gleichzeitig für die Umwandlung von Omega-6-Fettsäuren in höher angereicherte Fettsäuren benötigt wird. Die Stoffwechsellage beider Fettsäurefamilien korreliert also um dasselbe Enzym.

Alpha-Linolensäure ist unter praktischen Ernährungsbedingungen kein ausreichender Ersatz für EPA und DHA. Offensiv ist auch die Nahrungsquelle von alpha-Linolensäure unterschiedlich für die Umwandlungseffizienz in Eicosanoiden. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass hohe Gehalte an alpha-Linolensäure (Omega-3-Familie) die Umwandlung von alpha-Linolensäure in Eicosanoiden beeinträchtigen. Im Vergleich zu Japan hat Bapad ein sehr geringes omega-6 zu omega-3-Verhältnis (etwa 2:1). So konnte gezeigt werden, dass 30 g Bapad am Tag zu einem EPA-Anstieg führen, der vergleichbar ist mit einer wöchentlichen Aufnahme von 50–100 g fetthaltigen Meerestisch (17). Magnaten von der hohen Ölmenge und energetischen Verfeinerung, komponiert Kapseln in der beachtlichen Versuchsdauer jedoch Körnergröße des wöchentlich konsumierten Fischverzehrs von etwa zwei Fischmalzeiten (aktuelle präventive Ernährungsempfehlungen der American Heart Association 2005).

Gleichzeitig muss die einseitige – fähigkeits empfindliche – Versorgung der Omega-6-Fettsäuren in Form von industriellen Phospholipiden und Margarine zu berücksichtigen werden. Die aus dem Verzehr der mediterranen Ernährung und Küche abgeleitete Versorgung von Olivenöl, Bapad und daraus hergestellter Margarine ist ein Schritt in die richtige Richtung. Verhaltiger Meerestisch und Fischöl sind jedoch die effizient-

este Omega-3-Fettsäuren Quelle in der Ernährung. Das betrifft sowohl energetische Aspekte als auch die biologische Wirksamkeit.

Versorgungslage mit Omega-3-Fettsäuren

Es wird angenommen, dass der Mensch eine ausreichende und im Verhältnis zu Omega-6-Fettsäuren angereicherte Omega-3-Fettsäuren-Menge (Verhältnis 2:1 bis 1:1) verzehrt (so genanntes Seefischöl). Erst durch das Seefischöl und die veränderte Fettsäureanlagerung der landwirtschaftlichen Nahrung sowie das insgesamt veränderte Nahrungsspektrum des Menschen kann es zu einem verringerten Omega-3-Fettsäuren-Aufnahme und vor allem in den letzten Jahrzehnten zu einem deutlichen Überwiegen an Omega-6-Fettsäuren (22). Insgesamt lässt sich die heutige Fettsäureaufnahme wie folgt beschreiben:

- zu hohe einseitige Energiebereitstellung von Fett,
- zu hohe Aufnahme geringerer Fettsäuren,
- zu hohe Aufnahme mehrfach ungesättigter Omega-6-Fettsäuren und
- zu geringe Aufnahme von Omega-3-Fettsäuren sowohl pflanzlichen als auch marinen Ursprungs.

Der Verzehr langkettiger Omega-3-Fettsäuren (EPA/DHA) liegt in Ländern mit relativ geringem Fischverzehr (Deutschland, USA) etwa unter 0,5 g pro Tag. Empfehlungen werden dagegen 0,3–0,4 g, was der deutschen, englischen und amerikanischen Empfehlung von etwa zwei Fischmalzeiten pro Woche und damit 20–40 g Fisch pro Tag entspricht.

Die Fettsäurenbalance

Viele Jahre gab die einseitige Drittel-Bilanz für die Verteilung der drei Fettsäurefamilien, d. h. von drei empfohlenen 30 % Fettsäuren entfielen je jeweils ein Drittel, also 10 %, auf die gesättigten, einfaches und mehrfach ungesättigtes Fettsäuren. Auf Grund neuer Erkenntnisse hat man diese Empfehlung wie folgt modifiziert:

- 7 bis 10 % gesättigte Fettsäuren,
- 7 bis 10 % mehrfach ungesättigte Fettsäuren mit einem Verhältnis von Omega-6 zu Omega-3-Fettsäuren von 5:1 (aktuellem Angaben zufolge liegt das Verhältnis in unserer Nahrung dagegen bei >:20:1).

■ 30 bis 35 % einfach ungesättigte Fettsäuren.

Häufig ungesättigte Fettsäuren aus Oliven- und Rapsöl wirken beim Austausch gegen gesättigte Fettsäuren der die Arterienwandverengung begünstigende LDL-Cholesterin, ohne den gefährlichenden HDL-Anteil zu mindern. Außerdem sind sie im Vergleich zu den mehrfach ungesättigten Fettsäuren weniger oxidationsempfindlich (Bildung freier Radikale).

Empfehlungen für die Produktentwicklung

Der Arbeitskreis Omega-3 empfiehlt neben der besprochenen Vermeidung von EPA und DHA, weiteren Ursprungs in Abhängigkeit von der Rezeptur (z. B. bei Magerfleisch oder Rindfleisch) sowie bioaktiver Pflanzenstoffe solche mit hohem Gehalt an einfach ungesättigten Fettsäuren einzusetzen. Oliven- und Rapsöl sind empfehlenswert, wobei Rapsöl zusätzlich alpha-Linolensäure enthält.

Bei der Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere können alpha-Linolensäurehaltigen Ölsäure (z. B. Leinöl) und Rapsöl) oder DHA-haltige Algen verwendet werden, um

die Fettsäurezusammensetzung in Fleisch, Milch und Eiern im gesundheitlich-besseren Sinne zu verbessern. So kommt die Fettsäurezusammensetzung deutscher Lebensmittel wieder ursprünglicheren Verhältnissen näher. Auch Fütterung mit zu höheren Omega-3-Fettsäuren-Gehalten im Fleisch.

Zufuhrempfehlungen für Omega-3-Fettsäuren

Die von der Deutschen, Österreichischen und Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung für Ernährung im Jahr 2000 gemeinsam erarbeiteten Referenzwerte für die Nährstoffaufnahme (4) weisen die empfohlene Zufuhr essentieller Fettsäuren in Energieprozenten aus. So werden für Omega-3-Fettsäuren 2,5 %, und für Omega-6-Fettsäuren (Schlupfwert) 0,5 % der täglichen Energiezufuhr veranschlagt. Die angegebenen Referenzwerte für die Zufuhr von Linolsäure (n-6) und alpha-Linolensäure (n-3) stehen im Verhältnis 5 : 1. Bezogen auf einen Energieumsatz von 2000 kcal, bedeutet dies 18 kcal in Form von Omega-3-Fettsäuren entsprechend ca. 1 g alpha-Linolensäure pro Tag. Mengenangaben für die zureichende oder absolute

Aufnahme von EPA und DHA werden in deutschsprachigen Empfehlungen leider nicht gemacht. Dagegen hat sich eine Expertenrunde der ESCAL (International Society for the Study of Faty Acids and Lipids) 2005 für eine tägliche Aufnahme von 0,3-0,4 g EPA/DHA ausgesprochen.

Zufuhrempfehlungen für Omega-3-Fettsäuren im Vergleich

Unter gegenseitigen Einwirkungen lässt sich die Zufuhrempfehlung für langkettigen Omega-3-Fettsäuren (EPA/DHA) von der Höhe des wünschenswertesten wöchentlichen Fischverzehr ableiten. Zwei Fischmahlzeiten entsprechen in etwa einem wöchentlichen Anteil von 30 g Fisch pro Tag. Legt man einen durchschnittlichen „Fischquoten“ (fettesaugendes Fleisch) zugrunde, kommt man auf 0,3-0,4 g EPA/DHA pro Tag.

Die niederländische Zuliefer-Studie zeigt ein um 50 % geringeres Risiko für koronare Herzkrankungen bei einem täglichen Fischverzehr von mindestens 30 g, was ebenfalls dem Bereich von etwa 0,3 g langkettiger Omega-3-Fettsäuren entspricht. Diese Empfehlung wird ebenfalls unterstützt durch die 2004 veröffentlichten Angaben des britischen Departments of Health, die 1,0 g langkettiger Omega-3-Fettsäuren pro Woche beinhalten.

Daraus lässt sich ein wünschenswertes Zufuhrniveau von täglich mindestens 0,3 g langkettiger Omega-3-Fettsäuren ableiten. Dieser Empfehlung schließt sich auch der Arbeitskreis-Omega-3 an.

Realisierungsmöglichkeit für eine ausreichende Omega-3-Zufuhr

Die Empfehlung, bei der Berechnung von Proteinen zusätzlich wöchentlich mindestens eine Portion fettreichen Fisch zu essen. Der tägliche Fischverzehr in Deutschland und in den USA deckt mit höchstens 0,3 g EPA/DHA nicht einmal die Hälfte des empfohlenen Menge der langkettigen Omega-3-Fettsäuren ab. Deshalb ist es wünschenswert, die Zufuhr deutlich zu erhöhen.

In Deutschland sollen laut Angaben im Ernährungsbuch 2000 pro Tag im Mittel etwa 1,5 g alpha-Linolensäure

Bedeutung und empfohlene Werte für die Zufuhr langkettiger Omega-3-Fettsäuren

Ein Konsensus-Statement des Arbeitskreises Omega-3

Die in unserer Nahrung enthaltenen mehrfach ungesättigten Fettsäuren haben in den letzten Jahren zunehmendes Interesse bei Wissenschaftlern und in der Industrie geweckt. Mittlerweile liegen über 5.000 wissenschaftliche Publikationen vor, die Auskunft über die gesundheitsfördernden Effekte von Omega-3-Fettsäuren geben.

Omega-3-Fettsäuren – insbesondere die langkettigen Vertreter Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA) – sind für Wachstum und Entwicklung sowie für die Körperfunktionen und Gesundheit in allen Lebensstadien erforderlich, bis zum Ende des Lebens in der Nahrung aller Menschen in ausreichender Menge enthalten sein. Von großer praktischer Bedeutung sind Fragen nach der richtigen Fettsäure sowohl in quantitativer als auch qualitativer Hinsicht (Auswahl der Speiseöl, Fische etc., geeignete Lebensmittel/funktionale Food sowie Nahrungsergänzung).

Der Verein langkettiger Omega-3-Fettsäuren (EPA/DHA) legt in Ländern mit relativ geringem Fischverzehr (Deutschland, USA) eher unter 0,1 g pro Tag. Der Arbeitskreis Omega-3 beantwortet – in Übereinstimmung mit der Ernährungsempfehlung der American Heart Association – die Aufnahme mit der Nahrung von mindestens 0,3 g (EPA/DHA) pro Tag. Dies entspricht zwei Fischmahlzeiten pro Woche. Um eine genügend hohe Aufnahme zu erreichen, ist auch ein gezieltes Nahrungsergänzungsmittel (z. B. wöchentlich mindestens eine Portion fettreicher Meeresfisch, täglich ein mit langkettigen Omega-3-Fettsäuren angereichertes Lebensmittel sowie zusätzlich eine nahrungsergänzende Supplemente (Fischöl). Darüber hinaus wird empfohlen, alpha-Linolensäure-haltige Pflanzenöle (z. B. Rapsöl) zu bevorzugen.

Ernährungs-Umschau 49 (2002), S. 94-98

angewonnen werden [3]. Bei einer moderaten Erhöhung von 10 % würde sich daraus ein Beitrag an 0,28 g/100 Omega-3-Fettsäuren von 0,15 g pro Tag ergeben.

Omega-3-Fettsäuren in der Praxis

Die Empfehlung eines höheren Fischverzehrs (mindestens zwei Fischmahlzeiten pro Woche) lässt sich leicht umzusetzen. Die Akzeptanz von Fisch – insbesondere von fettreichem Süßwasserfischen – ist jedoch in Deutschland bekanntlich gering. Die zusätzliche Einwirkung von angereicherten Lebensmittel mit EPA und DHA kann deshalb aus verschiedenen Gründen eine sinnvolle Perspektive und bewährte Alternative sein, um die Aufnahme des erwünschten Omega-3-Fettsäurenangebots (vor allem in Form von EPA und DHA) zu steigern.

Omega-3-Fettsäure-haltige Produkte von Fisch, Brotkrumen, Eier, Feigensamen, Margarine und salzhaltige Getreideke sind bereits auf dem Markt. Dabei stellt der Lebensmittel-Omega-3, in drei Qualitätsstufen (in einer angereicherten Lebensmittel-, die Lebensmittel-, dem Fischöl zugesetzt wird, soll grundsätzlich ein erhöhter Beitrag innerhalb einer ausgewogenen Ernährung sein. Diese Anreicherung erfüllen z. B. Getreideprodukte, Milchzucker und Getreide. Der Fischölzusatz muss entsprechend vitaminisierter sein und mit antioxidativen stabilisierendem Schutz versehen sein. Ebenfalls soll die anreicherungsfachgerechte Zusage (für EPA/DHA) in einer höheren Verdopplung (z. B. 2-fachem) bzw. mindestens 25 % der präzisieren Zufuhrempfehlung für langkettige Omega-3-Fettsäuren (EPA/DHA) liegen.

Der Unterschied zwischen Omega-3-Fettsäure-haltigen Lebensmitteln und einem Nahrungsergänzungsmittel (Fischölpräparat) besteht darin, dass mit letzterem höhere-dosisfach-präzisierte Zufuhrempfehlungen erreicht werden können. Das gilt insbesondere zur gezielten Mütterkuren Versorgung in der Schwangerschaft. Auch chronisch und individueller Bedingungen (hohes Risikoprofil) und Ausdr. Herz-Kreisl. Verfallung, reduzierte Energie- und Lebensmittelaufnahme

bei Herzkreisläufstörungen und im höheren Lebensalter) sowie höherer geistiger Zufuhr bei vorhandenen Risikofaktoren für KHK, Karzinom und Kapillar- u. II. besser einprägen werden.

Fazit: Um die Versorgung mit Omega-3-Fettsäuren (EPA/DHA) sicherzustellen, ist auch ein geschicktes Versorgungsangebot überdies und praktikabel, z. B. schweißfähig mindestens einmal wöchentlich, täglich ein Omega-3-Fettsäuren-haltiges funktionales Food, die bevorzugte Verwendung von alpha-Linolensäure-reichen Pflanzenölen sowie vitamin-, oder alpha-Bioaktive, die nahrungsergänzerische Kapazität einhalten.

Literatur

1. Adams TJ. Public health benefit of increasing polyunsaturated fat in the diet. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
2. Ross ML, Al M, Kelly J, Cohen S, Rogers R. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
3. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
4. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
5. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
6. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
7. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
8. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
9. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
10. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
11. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
12. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
13. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
14. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
15. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
16. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
17. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
18. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
19. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
20. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
21. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
22. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
23. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
24. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
25. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
26. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
27. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
28. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
29. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
30. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
31. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
32. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
33. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
34. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
35. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
36. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
37. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
38. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
39. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
40. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
41. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
42. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
43. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
44. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
45. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
46. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
47. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
48. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
49. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
50. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
51. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
52. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
53. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
54. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
55. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
56. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
57. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
58. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
59. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
60. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
61. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
62. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
63. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
64. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
65. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
66. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
67. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
68. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
69. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
70. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
71. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
72. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
73. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
74. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
75. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
76. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
77. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
78. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
79. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
80. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
81. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
82. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
83. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
84. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
85. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
86. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
87. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
88. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
89. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
90. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
91. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
92. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
93. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
94. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
95. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
96. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
97. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
98. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
99. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
100. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).

incorporate in breast or plasma phospholipid fatty acids and serum triglycerides. *Nutr Res* 2002; 19: 1007-10 (2002).

14. Singer D. Fish oils: role versus Omega-3-Fettsäuren. *Ulmer's Gesundheitsmagazin*. Frankfurt 2002.
15. Singer D. Omega-3-Fettsäuren in health and disease and in growth and development. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
16. Singer D. S. L. T. H. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
17. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
18. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
19. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
20. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
21. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
22. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
23. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
24. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
25. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
26. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
27. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
28. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
29. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
30. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
31. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
32. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
33. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
34. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
35. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
36. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
37. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
38. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
39. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
40. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
41. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
42. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
43. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
44. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
45. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
46. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
47. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
48. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
49. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
50. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
51. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
52. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
53. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
54. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
55. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
56. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
57. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
58. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
59. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
60. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
61. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
62. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
63. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
64. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
65. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
66. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
67. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
68. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
69. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
70. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
71. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
72. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
73. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
74. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).
75. Singer D. M. J. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 1007-10 (2002).

Arbeitskreis Omega-3

Dr. J. G. Böhm,
Hans-Joachim H. Böhm GmbH,
Bismarckweg

Michael Gieske,
HK Mühlstein Food Service GmbH,
Helmweg

Prof. Dr. Ingrid M. Altmann,
Hochschule für Angewandte Wissenschaften,
Helmweg

Prof. Dr. med. Dr. Rainer
Universität Würzburg

Prof. Dr. med. Dr. J. Klotz,
Universität Gießen

Dipl.-Ing. Ingrid H. Hoeslinger,
Karlshaus Pharma GmbH & Co.,
Helmweg

Prof. Dr. Dr. med. Dr. Rainer
Hoeslinger