

# Omega-3-Fettsäuren

Entweder regelmässig fettreichen Fisch essen oder Fischölkapseln schlucken

Heute ist für die meisten Menschen hierzulande die Zufuhr mit Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA) tief. Gute natürliche Quellen sind Meeresfrüchte, vor allem fettreiche Fische. Alternativ kann zum Erlangen eines optimalen Gesundheitszustands und zur Prävention von Krankheiten mit Fischölkapseln substituiert werden.

**PHILIP C. CALDER\***

## Struktur, Nomenklatur und metabolische Beziehungen der Omega-3-Fettsäuren

Fettsäuren sind Kohlenwasserstoffketten mit einer Carboxylgruppe am einen und einer Methylgruppe am anderen Ende. Die Carboxylgruppe ist reaktiv und bildet leicht Esterverbindungen mit alkoholischen Gruppen, beispielsweise mit Glykol oder Cholesterin, was zu Acylglycerolen (z.B. Triacylglycerole, Phospholipide) und Cholesterylestern führt. Die Länge der Fettsäureketten kann zwischen 2 und mehr als 30 betragen, und innerhalb der Kette können Doppelbindungen vorkommen. Fettsäuren mit Doppelbindungen werden als ungesättigte Fettsäuren bezeichnet. Eine Fettsäure mit zwei oder mehr Doppelbindungen wird mehrfach ungesättigt genannt. Fettsäuren tragen gebräuchliche Namen und systematische Bezeichnungen. Sie werden auch in einer Kurznomenklatur angeführt, die die Anzahl der Kohlenstoffatome in der Kette, die Zahl der Doppelbindungen sowie die Stellung der ersten Doppelbindung bezüglich der Methylgruppe ( $\omega$  [= Omega]; manchmal auch  $n$  genannt) angibt. Omega-3-Fettsäuren werden so genannt, weil ihre erste Doppelbindung beim C-Atom Nummer 3 liegt, wobei das Methyl-C als Nummer 1 gerechnet wird. Die einfachste Omega-3-Fettsäure ist die  $\alpha$ - (= alpha-)Linolensäure (18:3 $\omega$ -3). Die  $\alpha$ -Linolensäure wird aus der Linolsäure (18:2 $\omega$ -6) durch eine mittels Delta-15-Desaturase katalysierte Desaturierung gebildet (verwirrenderweise werden die Desaturasen nach dem ersten C-Atom, das die eingefügte Doppelbindung trägt, bezeichnet, wobei aber das Carboxyl-C als Nummer 1 gerechnet wird). Tiere inklusive Menschen besitzen das Delta-15-Desaturase-Enzym nicht und sind daher zur  $\alpha$ -Linolensäure-Synthese nicht in der Lage. Pflanzen hingegen besitzen dieses Enzym und können so  $\alpha$ -Linolensäure bilden. Obwohl Tiere die  $\alpha$ -Linolensäure nicht zu synthetisieren vermögen, können sie diese durch weitere Desaturierung und Verlängerung der Kette metabolisieren. Die Desaturierung erfolgt an C-Atomen unterhalb von C-Atom Nummer 9 (vom Carboxyl-C her gezählt) und geschieht vor allem in der Leber.  $\alpha$ -Linolensäure kann durch die Delta-6-Desaturase in Stearidonsäure (18:4 $\omega$ -3) umgewandelt und diese zu 20:4 $\omega$ -3 elongiert werden (Abbildung 1). Diese Fettsäure kann durch Delta-5-Desaturase weiter zur Eicosapentaensäure (20:5 $\omega$ -3; bekannt als EPA) desaturiert werden (Abbildung 1). Es gibt auch einen Stoffwechselweg zur weiteren Umbildung von EPA in

turasen nach dem ersten C-Atom, das die eingefügte Doppelbindung trägt, bezeichnet, wobei aber das Carboxyl-C als Nummer 1 gerechnet wird). Tiere inklusive Menschen besitzen das Delta-15-Desaturase-Enzym nicht und sind daher zur  $\alpha$ -Linolensäure-Synthese nicht in der Lage. Pflanzen hingegen besitzen dieses Enzym und können so  $\alpha$ -Linolensäure bilden. Obwohl Tiere die  $\alpha$ -Linolensäure nicht zu synthetisieren vermögen, können sie diese durch weitere Desaturierung und Verlängerung der Kette metabolisieren. Die Desaturierung erfolgt an C-Atomen unterhalb von C-Atom Nummer 9 (vom Carboxyl-C her gezählt) und geschieht vor allem in der Leber.  $\alpha$ -Linolensäure kann durch die Delta-6-Desaturase in Stearidonsäure (18:4 $\omega$ -3) umgewandelt und diese zu 20:4 $\omega$ -3 elongiert werden (Abbildung 1). Diese Fettsäure kann durch Delta-5-Desaturase weiter zur Eicosapentaensäure (20:5 $\omega$ -3; bekannt als EPA) desaturiert werden (Abbildung 1). Es gibt auch einen Stoffwechselweg zur weiteren Umbildung von EPA in

## Merksätze .....

- Sehr langkettige Omega-3-Fettsäuren werden leicht und weitgehend dosisabhängig in die Transportspeicher (Blutlipide) sowie die funktionellen (Zellen und Gewebe) und Reservepools (Fettgewebe) eingebaut.
- Bei ausreichenden Konzentrationen des Einbaus verändern EPA und DHA die physikalische Eigenschaft von Zellmembranen und der membraneiwissvermittelten Reaktionen, die Eicosanoidbildung, die Zellsignale sowie die Genexpression in vielen verschiedenen Zelltypen.
- In den meisten Fällen stimmen die beobachtbaren Effekte mit Verbesserungen in den Profilen von Biomarkern oder gesundheitsrelevanten Outcomes überein, weshalb sehr langkettige Omega-3-Fettsäuren für das Erlangen eines optimalen Gesundheitszustands bedeutsam sind und in der Prävention von Krankheiten eine Rolle spielen.
- Typische Empfehlungen gelten für eine minimale Zufuhr von Omega-3-Fettsäuren von 0,2 bis 0,65 g/Tag bis zu 1,5 g/Tag zur allgemeinen Gesundheitsförderung sowie von 1 g/Tag zur Herzinfarktprävention und von 2 bis 4 g/Tag zur Triglyzeridsenkung.

\*Institute of Human Nutrition, School of Medicine, University of Southampton

Docosahexaensäure (22:6 $\omega$ -3; bekannt als DHA): Dieser umfasst den Anbau von zwei C-Atomen zur Docosapentaensäure (22:5 $\omega$ -3; bekannt als DPA), weitere Addition zweier C-Atome zu 24:5 $\omega$ -3 und Desaturierung zu 24:6 $\omega$ -3 sowie Translokation von 24:6 vom endoplasmatischen Retikulum zu Peroxisomen, wo zwei C-Atome durch limitierte Betaoxidation entfernt werden, was dann zu DHA führt (1). Kurzzeitstudien mit isotopenmarkierter  $\alpha$ -Linolensäure und Langzeitstudien mit signifikant erhöhter Zufuhr von  $\alpha$ -Linolensäure haben gezeigt, dass die Umwandlung von EPA, DPA und DHA gering ist, wobei nur eine sehr begrenzte Umwandlung bis hin zu DHA beobachtet werden konnte (2). EPA und DPA können auch aus DHA durch begrenzte Betaoxidation rückkonvertiert werden.

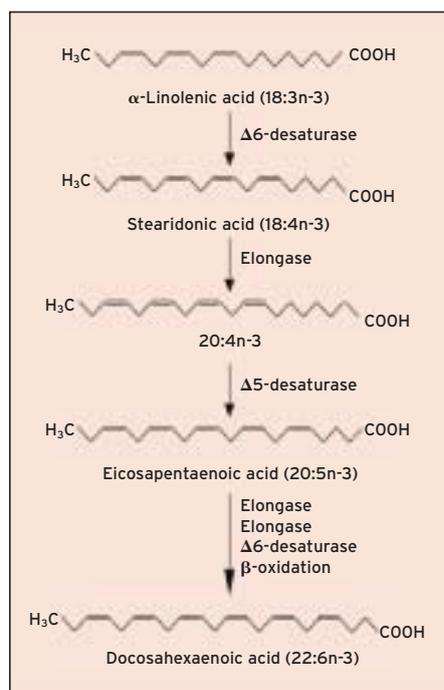


Abbildung 1: Umwandlung von  $\alpha$ -Linolensäuren in längerkettige, stärker ungesättigte Omega-3-Fettsäuren.

### Quellen aus der Ernährung und typische Zufuhr von Omega-3-Fettsäuren

Grüne Blätter enthalten einen signifikanten Anteil (typischerweise 55 %) ihrer Fettsäuren in Form von  $\alpha$ -Linolensäure, aber grüne Blätter sind keine ergiebige Quelle für Fett. Verschiedene Samen und Samenöle sowie einige Nüsse enthalten signifikante Mengen von  $\alpha$ -Linolensäure. So enthalten Leinsamen und ihr Öl typischerweise 45 bis 55 Prozent der Fettsäuren in Form von  $\alpha$ -Linolensäure, Sojabohnen dagegen nur 5 bis 10 Prozent. Auch Rapsöl und Baumnüsse enthalten  $\alpha$ -Linolensäure, ebenso Maisöl, Sonnenblumenöl und Safloröl (Distelöl), allerdings nur in sehr geringer Konzentration. Unter Erwachsenen in westlichen Ländern beträgt die typische Zufuhr von  $\alpha$ -Linolensäure 0,5 bis 2 g/Tag (2, 3). Die häufigste mehrfach ungesättigte Fettsäure in der westlichen Ernährung ist die Omega-6-Fettsäure Linolsäure (18:2 $\omega$ -6), die im Allgemeinen in 5- bis 20-fach höheren Mengen konsumiert wird als die  $\alpha$ -Linolensäure (2, 3).

Fische können klassifiziert werden in magere Fische, die Lipide in der Leber speichern (z.B. Kabeljau), und fettreiche («öhlhaltige») Fische, die Lipide im Fleisch einlagern (z.B. Makrelen, Hering, Lachs, Thunfisch). Verglichen mit anderen Nahrungsmitteln, sind Fische und Meeresfrüchte gute Quellen für die sehr langkettigen Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA. Allerdings enthalten verschiedene Arten von Fisch unterschiedliche Mengen dieser Fettsäuren und auch verschiedene Verhältnisse zwischen EPA und DHA. Dies hängt teilweise von den Stoffwechselcharakteristika der Fische ab, aber auch von ihrem Futter, der Wassertemperatur, der Jahreszeit und so weiter. Dennoch ist klar, dass eine einzelne Mahlzeit mit magerem Fisch ungefähr 200 bis 300 mg sehr langkettiger Omega-3-Fettsäuren enthält, während eine Mahlzeit mit fettreichem Fisch 1,5 bis 3 g

bietet. Die letzte Schätzung für den Fischverzehr bei Erwachsenen in Grossbritannien liegt bei ungefähr 100 g magerem Fisch und zirka 50 Gramm fettreichem Fisch pro Woche (4); ähnliche (und in gewissen Ländern sogar tiefere) Zufuhren sind in anderen Ländern Nordeuropas, Osteuropas, Nordamerikas und Australiens zu erwarten. Höher ist der Verzehr von mageren Fischen in südeuropäischen Ländern und von fettreichen Fischen in Japan und einigen anderen asiatischen Ländern. Die durchschnittliche (mittlere) Zufuhr sehr langkettiger Omega-3-Fettsäuren bei Erwachsenen in Grossbritannien, Nord- und Osteuropa, Nordamerika und Australien beträgt ungefähr 0,15 bis 0,25 g/Tag. Allerdings ist die Einnahmeverteilung biphasisch, da es Menschen gibt, die fettreiche Fische verzehren, und solche, die dies nicht tun; so ergab eine neuere Schätzung eine mediane Zufuhr sehr langkettiger

Omega-3-Fettsäuren bei australischen Erwachsenen von 0,03 g/Tag bei einer mittleren Zufuhr von 0,19 mg/Tag (5). Die Aufnahme dürfte in Populationen mit Verzehr grosser Mengen fettreicher Fische, wie in Japan, höher und regelmässiger sein als in Europa, Nordamerika und Australasien.

Das aus dem Fleisch fettreicher oder aus der Leber magerer Fische gewonnene Öl wird als «Fischöl» bezeichnet und hat die herausragende Eigenschaft, sehr reich an sehr langkettigen Omega-3-Fettsäuren zu sein. Da verschiedene fettreiche Fische unterschiedliche Mengen von Omega-3-Fettsäuren enthalten, gilt dies auch für die Fischöle. EPA und DHA umfassen etwa 30 Prozent der Fettsäuren in einer typischen Aufbereitung von Fischöl, was bedeutet, dass eine 1-g-Kapsel ungefähr 0,3 g EPA plus DHA enthält. Hervorzuheben ist ferner, dass zwischen verschiedenen Fischen und Fischölen nicht nur die Menge von Omega-3-Fettsäuren, sondern auch der relative Anteil der einzelnen sehr langkettigen, mehrfach ungesättigten Omega-3-Fettsäuren (EPA, DPA, DHA) schwanken kann. So ist Kabeljauöl reicher an EPA als DHA, während Thunfischöl mehr DHA als EPA enthält. Fischleberöle enthalten signifikante Mengen fettlöslicher Vitamine, vor allem Vitamin A und D. Präparate in Kapselform, die Omega-3-Fettsäuren in höheren Konzentrationen als in Standardfischöl enthalten, sind erhältlich. Fischölkapseln enthalten die Fettsäuren gewöhnlich in Form von Triglyzeriden. Anzumerken ist auch, dass Fischölkapseln ziemlich hohe Anteile an Palmitinsäure (16:0) und Palmitoleinsäure (16:1 $\omega$ -7) sowie auch etwas Arachidonsäure (20:4 $\omega$ -6) enthalten. Ausser den Fischölkapseln, die Omega-3-Fettsäuren als Triglyzeride enthalten, sind Omega-3-Fettsäuren auch in Phospholipidform (z.B. als Krillöl) und als Äthylester (z.B. im pharmazeutischen Präparat Omacor®) erhältlich. Kapseln könnten

eindeutig einen signifikanten Beitrag zur Zufuhr sehr langkettiger Omega-3-Fettsäuren leisten. Menschen, die wenig oder gar keinen Fisch essen, könnten durch eine einzige Standard-Fischölkapsel ihre tägliche Zufuhr an sehr langkettigen Omega-3-Fettsäuren zum Beispiel um das Fünffache (und mehr) steigern.

**Supplementierung mit sehr langkettigen Omega-3-Fettsäuren verändert die Fettsäurezusammensetzung von Plasma, Zellen und Geweben beim Menschen**

Verschiedene Plasmalipidpools, Zellen und Gewebe haben unterschiedliche, charakteristische Zusammensetzungen von Fettsäuren. Eine Veränderung der Fettsäureprofile ist nach Ergänzung der Ernährung durch Fischölkapseln vielfach beobachtet worden. Studien berichten, dass eine solche Supplementation zum Erscheinen von EPA und DHA in Plasmalipiden, Blutplättchen, Erythrozyten, Leukozyten, Kolongewebe, Herzgewebe und sehr wahrscheinlich vielen anderen Zell- und Gewebetypen führt. Der Einbau von EPA und DHA aus Fischölkapseln erfolgt zum Teil auf Kosten mehrfach ungesättigter, sehr langkettiger Omega-6-Fettsäuren wie Arachidonsäure und geschieht dosisabhängig. So berichteten Studien mit einer täglichen Zufuhr von EPA-plus-DHA in Dosierungen von 1 bis 5 g über eine nahezu lineare Beziehung zwischen EPA-Aufnahme und EPA-Gehalt in Plasmaphospholipiden (6, 7), und Blonk et al. (8) beobachteten lineare Beziehungen zwischen Zufuhren von EPA und DHA von 1,5, 3 und 6 g/Tag und den Anteilen dieser Fettsäuren in Plasmaphospholipiden. Sanders und Roshanai (9) zeigten einen dosisabhängigen Einbau von EPA und DHA in Plättchenphospholipide bei Männern, die zwischen 1,6 und 6,5 g EPA plus DHA pro Tag während dreier Wochen einnahmen. In anderen Studien war die Aufnahme von EPA und DHA in Blutneutrophile (10) und von EPA in Plasmaphospholipide und in mononukleäre Zellen im Blut (11) linear dosisabhängig. In einer eleganten Studie, die Dosisantwort und zeitlichen Verlauf über zwölf Monate bei älteren Männern verband, beobachteten Katan et al. (12) die Fettsäurezusammensetzungen von Serumcholesterylestern, Erythrozyten und Fettgewebe. Diese Untersuchung bestätigte, dass EPA und DHA in den Pool zirkulierender Lipide und in Erythrozyten eingebaut werden, wenn ihre Zufuhr gesteigert wird. Sie belegte zudem den Einbau von EPA und DHA in Fettgewebe, also einen Speicherpool, bei höherer Zufuhr. Die Studie brachte aber auch den eindeutigen Beweis, dass die Einlagerung in verschiedene Pools mit variierenden Raten und in verschiedenem Ausmass (d.h. mit unterschiedlicher Effizienz) erfolgt und mit der Zufuhr (zumindest in den untersuchten Dosen) nicht in einer strikt linearen Form zusammenhängt. Die Studie von Katan et al. (12) zeigte, dass die

nahezu maximale Einlagerung beider Fettsäuren in Serumcholesterylester innerhalb von 30 Tagen nach Beginn der Supplementation erfolgt, während die maximale Aufnahme in Erythrozyten erst nach 56 bis 182 Tagen zustande kommt. Yaqoob et al. (13) berichteten von einer zeitabhängigen Einlagerung von EPA und DHA in mononukleäre Zellen im Blut, wobei der nahezu maximale Einbau nach vier Wochen Supplementation erreicht wurde. Nach Abbruch der Supplementation kehrte die EPA-Konzentration in den Mononukleären innert acht Wochen zum Ausgangswert zurück, während die Zellen DHA zurückzuhalten schienen. Dies ist den Befunden von Opp-Snijders et al. (14) ähnlich, die beobachteten, dass der Erythrozyten-EPA-Gehalt acht Wochen nach Supplementationsende zum Ausgangswert zurückkehrte, während DHA erhöht blieb. Dieselben Beobachtungen eines Verlusts von EPA und einer selektiven Retention von DHA nach Beendigung der Fischölsupplementation sind auch für Blutplättchen gemacht worden (15). Somit bietet die Literatur eine bedeutende Anzahl von Studien, die belegen, dass EPA und DHA bei gesteigerter Zufuhr in Blut-, Zell- und Gewebelipiden eingebaut werden.

**Erhöhte Einnahme von sehr langkettigen Omega-3-Fettsäuren nützt der Gesundheit**

Ein erhöhter Gehalt an Omega-3-Fettsäuren in Zellen und Geweben kann die Zellfunktion durch verschiedene Mechanismen beeinflussen, wie *Abbildung 2* zeigt. Diese umfassen:

- Veränderungen in den physikalischen Membraneigenschaften wie Membranzustand («Fluidität») und Schichtanordnung, die ihrerseits die Aktivität der Membranproteine beeinflussen, zu denen Rezeptoren, Transporteweisse, Ionenkanäle und Signalenzyme gehören
- Effekte auf Signalwege, entweder durch Modifikation der Expression, Aktivität oder Avidität von Membranrezeptoren oder durch Modifikation der intrazellulären Signaltransduktionsmechanismen. Als Ergebnis dieser Wirkungen wird die Aktivierung von Transkriptionsfaktoren verändert und die Genexpression modifiziert.
- Veränderungen im Muster der produzierten Lipidmediatoren. Die verschiedenen Mediatoren haben unterschiedliche biologische Aktivitäten und Potenzen.



Abbildung 2: Übersichtsschema der interagierenden Mechanismen, durch welche Fettsäuren die Zellfunktion beeinflussen könnten.

**Tabelle: Zusammenfassung der physiologischen Wirkungen und potenziellen klinischen Nutzen sehr langkettiger Omega-3-Fettsäuren**

Physiologische Rolle sehr langkettiger Omega-3-Fettsäuren	Potenzieller klinischer Nutzen	Ziel
Regulierung des Blutdrucks	Senkung des Blutdrucks	Hypertonie; CVD
Regulierung der Plättchenfunktion	verminderte Thrombosewahrscheinlichkeit	CVD
Regulierung der Blutkoagulation	verminderte Thrombosewahrscheinlichkeit	CVD
Regulierung der Plasma-Triglyzerid-Konzentrationen	verminderte Plasma-Triglyzerid-Konzentrationen	Hypertriglyzeridämie; CVD
Regulierung der Gefäßfunktion	verbesserte vaskuläre Reaktivität	CVD
Regulierung des Herzrhythmus	Verringerung von Arrhythmien	CVD
Regulierung der Entzündung	geringere Entzündung	entzündliche Erkrankungen (Arthritis, entzündliche Darmerkrankungen, Psoriasis, Lupus, Asthma, zystische Fibrose, Dermatitis, Neurodegeneration usw.); CVD
Regulierung der Immunfunktion	verbesserte Immunfunktion	Immunschwäche
Regulierung des Knochenbaus	Erhaltung der Knochenmasse	Osteoporose
Regulierung der Insulinsensitivität	verbesserte Insulinsensitivität	Typ-2-Diabetes
Regulierung des Tumorzellwachstums	verringertes Tumorzellwachstum und -überleben	einige Karzinome
Regulierung visueller Signalbildung (Rhodopsin)	optimierte visuelle Signalbildung	defizitäre visuelle Entwicklung beim Säugling (v.a. Frühgeburten)
Strukturelle Komponenten des Zentralnervensystems	optimierte Hirnentwicklung – kognitive und Lernprozesse	Defizite bei kognitiven Prozessen und Lernen beim Säugling und in der Kindheit

CVD: kardiovaskuläre Erkrankungen

Durch diese Mechanismen und die resultierende Modifikation von Zell- und Gewebefunktion üben die langkettigen Omega-3-Fettsäuren ihre physiologischen Wirkungen aus (16). Diese sind in der *Tabelle* in Beziehung zu gewissen Gesundheits- und klinischen Nutzen gesetzt und zusammengefasst. Eine Anzahl kardiovaskulärer Risikofaktoren wird durch sehr langkettige Omega-3-Fettsäuren günstig verändert. Dazu gehören Blutdruck (17), Plättchenreaktivität und Thrombose (18), Plasma-triglyzeridkonzentrationen (19), Gefäßfunktion (20), Herzrhythmusstörungen (21) und Entzündungen (22). Als Folge ist eine gesteigerte Zufuhr langkettiger Omega-3-Fettsäuren mit einem verminderten Risiko für kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität assoziiert (23). So haben Supplementationsstudien mit langkettigen Omega-3-Fettsäuren eine reduzierte Mortalität belegen können (24–28). Auch einige andere, nicht kardiovaskuläre Effekte dieser Fettsäuren sind dokumentiert (*Tabelle*), was den Schluss nahelegt, dass diese Fettsäuren bei vielen Störungen von Nutzen sein könnten. Zum Beispiel sind sie

mit Erfolg bei rheumatoider Arthritis (29) und in einigen Studien bei entzündlichen Darmerkrankungen (30) eingesetzt worden und könnten auch bei anderen entzündlichen Erkrankungen nützlich sein (22). DHA hat eine bedeutende strukturelle Rolle in Auge und Hirn, und es ist bekannt, dass die entsprechende Zufuhr in frühen Lebensabschnitten, wenn sich diese Organe entwickeln, von vitaler Bedeutung ist (3, 4, 31, 32). Neue Studien haben zudem das Potenzial der langkettigen Omega-3-Fettsäuren herausgestrichen, zur Verbesserung von Lernen und Verhalten in der Kindheit beizutragen (33) und die Last psychiatrischer Erkrankungen bei Erwachsenen zu verringern (34).

**Empfehlungen zur Steigerung der Zufuhr sehr langkettiger Omega-3-Fettsäuren**

Die Erkenntnis der Nutzen der sehr langkettigen Omega-3-Fettsäuren hat zu einer Reihe von Empfehlungen zur Förderung der Zufuhr dieser Fettsäuren durch verschiedene staatliche,

In der Schweiz erhältliche orale Präparate mit den Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA

	Fischöl	Omega-3-Fettsäuren	EPA	DHA
Biorganic Omega-3 Gisand	1200 mg	333 mg	200 mg	133 mg
Burgerstein EPA-Kapseln 500 mg	500 mg	150 mg	90 mg (18%)	60 mg (12%)
Eicosapen®/Epacaps®	750 mg	225 mg	135 mg	90 mg

EPA = Eicosapentaensäure; DHA = Docosahexaensäure

nicht staatliche und Berufskörperschaften geführt. Typische Empfehlungen gelten für eine minimale Zufuhr von 0,2 bis 0,65 g/Tag (4, 35, 36) oder von 1,5 g/Tag (3) zur allgemeinen Gesundheitsförderung sowie von 1 g/Tag zur Herzinfarktprävention (37–39) und von 2 bis 4 g/Tag zur Triglyzeridsenkung (36). Bei Personen, die nicht regelmässig fettreichen Fisch verzehren, dürfte die Zufuhr dieser Fettsäuren bei < 0,1 g/Tag oder sogar noch viel tiefer liegen (5). Sind solche Personen nicht willens, ihre Ernährungsweise zu ändern und mehr Fisch zu essen, werden sie eindeutig nicht in der Lage sein, die empfohlene Zufuhr von EPA und DHA zu erreichen. Eine Möglichkeit, die gewünschte Zufuhr zu erzielen, wäre hingegen die Einnahme von Fischölkapseln (oder -flüssigkeit). Die Einnahme einer einzigen 1-g-Fischölkapsel pro Tag würde es vielen Konsumenten ermöglichen, den konservativsten Empfehlungen zu entsprechen (35), da sie auf diese Weise mit ungefähr 0,3 g EPA plus DHA täglich versorgt würden. Die Einnahme mehrerer Kapseln oder konzentrierter Formen verkapselter Omega-3-Fettsäuren oder von flüssigem Fischöl würde es erlauben, auch weniger konservativen Empfehlungen nachzukommen.

**Schlussfolgerungen**

Derzeit ist die Zufuhr der sehr langkettigen Omega-3-Fettsäuren Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA) für die meisten Individuen in westlichen Ländern tief. Eine gute natürliche Quelle für diese Fettsäuren sind Meeresfrüchte, vor allem fettreiche Fische. Fischölkapseln enthalten diese Fettsäuren ebenfalls, wobei eine Standardkapsel von 1 g ungefähr 0,3 g EPA plus DHA enthält; auch konzentriertere Präparate sind erhältlich. Sehr langkettige Omega-3-Fettsäuren werden aus Kapseln sehr leicht in die Transportspeicher (Blutlipide) sowie die funktionellen (Zellen und Gewebe) und Reservepools (Fettgewebe) eingebaut. Diese Aufnahme ist dosisabhängig und weist für jeden Pool ein charakteristisches kinetisches Muster auf. Am schnellsten erfolgt die Aufnahme in die Blutlipide, danach folgen die Blutplättchen sowie Leukozyten und schliesslich die Erythrozyten. Bei ausreichenden Konzentrationen des Einbaus verändern EPA und DHA die physikalische Eigenschaft von Zellmembranen und der membraneiweissvermittelten Reaktionen, die Eicosanoidbildung, die Zellsignale sowie die Genexpression in vielen verschiedenen Typen von Zellen. Durch diese Mechanismen beeinflussen

EPA und DHA die Gewebe- und Zellphysiologie und die Reaktionsweise von Zellen und Geweben auf externe Signale. In den meisten Fällen sind die beobachtbaren Effekte mit Verbesserungen in den Profilen von Biomarkern oder gesundheitsrelevanter Outcomes vereinbar. Somit spielen sehr langkettige Omega-3-Fettsäuren in der Erlangung eines optimalen Gesundheitszustands und in der Verhütung von Krankheiten eine Rolle. Langkettige Omega-3-Fettsäuren schützen nicht nur gegen kardiovaskuläre Morbidität, sondern auch gegen Mortalität. In gewissen Situationen, beispielsweise bei rheumatoider Arthritis, können sie auch als Therapeutika nützlich sein, was allerdings eine hohe Zufuhr erfordert. Aufgrund der anerkannten Gesundheitsverbesserungen durch langkettige Omega-3-Fettsäuren sind Empfehlungen zur Steigerung ihrer Einnahme erfolgt. Dies kann zwar durch einen gesteigerten Verzehr fettreicher Fische erzielt werden, für viele Individuen stellen jedoch auch Fischölkapseln eine gangbare Option zum Erreichen der empfohlenen Zufuhr dar. ■

**Korrespondenzadresse:**  
**Professor Philip C. Calder**  
*Institute of Human Nutrition*  
*School of Medicine*  
*University of Southampton*  
**MP887 Southampton General Hospital**  
**Tremona Road**  
**Southampton SO16 6YD, UK**  
**Tel. 0044-2380 795 250, Fax 0044-2380 795 255**  
**E-Mail: pcc@soton.ac.uk**

(Übersetzung: Halid Bas)

Interessenkonflikte: keine

Die Literaturliste kann beim Verlag angefordert werden, auch auf elektronischem Weg: info@rosenfluh.ch